

К ВОПРОСУ ПРИМЕНИМОСТИ РАСЧЕТНОГО МЕТОДА ОЦЕНКИ СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗНОСУ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ ПОСЛЕ ТЕРМОДИФФУЗИОННОГО УПРОЧНЕНИЯ

В.Е. Овсянников, В.И. Васильев
ФГБОУ ВО Курганский государственный университет,
г. Курган, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. В данной статье рассмотрены вопросы применимости расчетного метода оценки сопротивления износу для деталей из серого чугуна после термодиффузионного упрочнения. Целью работы является проверка применимости расчетной модели для определения интенсивности изнашивания в случае переменной твердости поверхностного слоя.

Материалы и методы исследования. В качестве модели используется зависимость интенсивности изнашивания для контакта двух дисков фрикционной передачи. Расчетное определение параметров изнашивания выполнено для двух вариантов: контакт стального диска и диска из серого чугуна с упрочненным слоем и контакт стального диска и диска из закаленного высокопрочного чугуна. Делается допущение, что в зоне контакта сформирована шероховатость, соответствующая приработанной поверхности. Экспериментальная проверка полученных результатов выполнялась посредством определения удельной работы абразивного износа для серого чугуна с упрочненным слоем и высокопрочного закаленного чугуна.

Результаты. В ходе проведенных расчетов установлено, что износостойкость деталей из серого чугуна с упрочненным слоем сопоставима с высокопрочным чугуном после закалки. Результаты экспериментальной проверки подтвердили справедливость расчетов, т.к. значения параметров износостойкости, полученные расчетным и экспериментальным путем, хорошо согласуются между собой. Таким образом, возможность использования расчетной методики оценки износостойкости для рассматриваемого случая можно считать доказанной, а, следовательно, ее можно использовать при проектных расчетах узлов трения, содержащих детали из серого чугуна с упрочненным слоем.

Обсуждение и заключение. Рассматриваемый способ поверхностного упрочнения необходимо применять в зависимости от особенностей эксплуатации узла трения. В том случае, когда допускаемые значения износа изменяются в широких пределах (например, тормоза, сцепление и т.д.) имеет смысл не подвергать поверхностный слой механической обработке, чтобы формирование оптимальных параметров поверхностей трения происходило естественным путем, в противном случае нужно удалять припуск. Использование расчетного метода определения сопротивления слоя износу, позволяет определить конкретные значения припуска, который необходимо удалять.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: упрочнение, стратегии, ремонт, детали транспортных средств.

© В.Е. Овсянников, В.И. Васильев, 2018



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

QUESTION OF APPLICABILITY OF THE CALCULATION ASSESSMENT METHOD OF RESISTANCE FOR DETAILS AFTER THERMAL DIFFUSION HARDENING

V.E. Ovsyannikov, V.I. Vasilyev
Kurgan State University,
Kurgan, Russia

ABSTRACT

Introduction. The article discusses the question of applicability of the calculation assessment method of resistance for details from gray cast iron after thermal diffusion hardening. The purpose of research is to check applicability of the calculated model for determination of intensity in case of the variable blanket hardness.

Materials and methods. The model of intensity dependence on contact of two disks of friction gear is used in the research. Calculated determination of parameters is executed in two options: contact of the steel disk and disk from gray cast iron with the strengthened layer, and contact of the steel disk and disk from the tempered high-strength cast iron. Thus, roughness corresponding to the earned extra surface in contact zone is created. Experimental check of received results is carried out by means of specific work of abrasive wear definition for gray cast iron with the strengthened layer and the high-strength tempered cast iron.

Results. As a result, it was established that the resistance of details from gray cast iron with the strengthened layer is comparable to high-strength cast iron after hardening. The results of experimental check prove the obtained calculations since the parameters values of resistance received would be well coordinated. Therefore, the possibility of the calculated resistant technique usage for such case could be considered as proved one and, therefore, it could be used at design calculations of the frictional units containing details from gray cast iron with the strengthened layer.

Discussion and conclusions. The considered way of superficial hardening needs to be applied depending on features of operation on frictional unit. In such case, when the allowed values of wear change in wide limits (for example, brakes, coupling, etc.) it would be better not to subject a blanket to machining where the formation of optimum parameters of friction surfaces happened in natural way, or it would be necessary to delete an allowance. This suggests that the calculation method of the determination of layer resistance enables to define concrete values of an allowance which needs to be deleted.

KEYWORDS: hardening, strategy, repair, details of vehicles.

© V.E. Ovsyannikov, V.I. Vasilyev, 2018



Content is available under the license
Creative Commons Attribution 4.0 License.

ВВЕДЕНИЕ

В конструкциях автотранспортных средств достаточно большое применение получил чугун: некоторые транспортные средства содержат до 20% чугунных деталей. Причем чугун используется как при изготовлении непосредственно деталей транспортных средств, так и при производстве агрегатов, которые устанавливаются дополнительно на спецтехнику, используемую в нефтегазовом комплексе, тушении пожаров и т.д. Преимущества от применения данного конструкционного материала заключаются в его сравнительно низкой стоимости, хорошей сопротивляемости износу, литейным свойствам и т.д. Для изготовления ответственных деталей чаще всего используется высокопрочный чугун, легированный различными элементами. Использование же более дешевого серого чугуна ограничивается тем, что для повышения твердости поверхностного слоя деталей применяются в основном дорогостоящие решения (электролитическое хромирование, лазерная закалка, закалка с использованием индукционного нагрева и т.д.) [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13]).

Разработан новый способ поверхностного упрочнения серого чугуна¹, который заключается в нагреве детали в контакте с оксидами легирующих элементов без доступа кислорода. Процесс упрочнения заключается в том, что оксиды легирующих элементов диссонируют на поверхности упрочняемой детали, затем происходит адсорбция элементов вглубь сплава, окисление углерода основы чугуна и одновременное насыщение поверхностного слоя легирующими элементами (титаном, молибденом, хромом и т.д.). В результате слой приобретает структуру, соответствующую высокоуглеродистой легированной стали (перлитную). В дальнейшем имеется возможность произвести закалку данного слоя с получением мартенситной структуры.

Исследования упрочненного слоя [14] показали, что посредством данного метода можно получать толщину слоя до 3 мм, что в 3-6 раз больше, чем при использовании аналогов (электролитического хромирования и лазерной закалки). Результаты измерения твердости показали, что она сопоставима с твердостью высокопрочного чугуна после закалки. Причем было установлено, что твердость по

мере продвижения, вглубь упрочненного слоя, возрастает. Данный факт обуславливает иной характер зависимости износа от наработки по сравнению с традиционными случаями.

Одной из проблем, которая возникает при применении данного способа на практике, является определение требований по толщине упрочненного слоя в зависимости от величины ресурса работы сопряжения (выполнение проектных расчетов). Традиционно для этих целей используются расчетные методы, основанные на определении интенсивности изнашивания [15, 16, 17, 18, 19]. Однако в рассматриваемом случае твердость слоя по толщине является переменной и возрастает по мере продвижения вглубь слоя, что вызывает определенные проблемы при расчетах.

Целью работы является оценка применимости расчетной модели для определения интенсивности изнашивания в случае переменной твердости поверхностного слоя.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

В качестве модели используется зависимость интенсивности изнашивания для контакта двух дисков фрикционной передачи [15, 16, 17, 18, 19, 20].

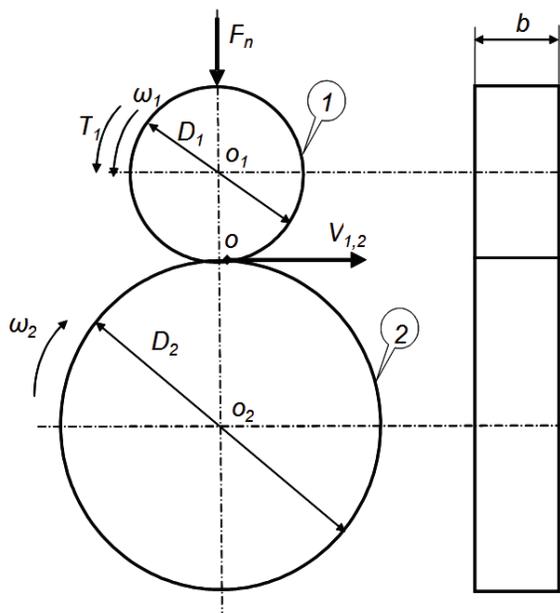


Рисунок 1 – Фрикционная цилиндрическая передача [15]

Figure 1 – Frictional cylindrical gear

¹ Пат. 2493289 Российская Федерация, МПК С23С 10/36, С23С 10/60. Способ диффузионного титанирования изделий из чугуна / Гуревич Ю.Г., Овсянников В.Е., Фролов В.А., Суханов П.А.; заявитель и патентообладатель Курганский гос. ун-т. – № 2012116651/02; заявл. 24.04.12; опубл. 20.09.13, Бюл. № 26 (II ч.). 6 с.

На рисунке 1 цифрой 1 обозначен ведущий диск, 2 – ведомое. D_1 и D_2 – диаметры ведущего и ведомого дисков. $V_{1,2}$ – окружные скорости (качения) точек рабочих поверхностей ведущего и ведомого дисков. $\omega_{1,2}$ – угловые скорости ведущего и ведомого дисков. F_n – сила прижатия. T_1 – крутящий момент на ведущем диске; b – ширина дисков, мм; o – точка контакта; o_1 и o_2 – оси вращения дисков.

Зависимость интенсивности изнашивания имеет вид [15]

$$I_h = 0.24 \cdot 0.5^{t_y - \frac{5}{4}} \cdot 15^{\frac{2t_y}{5}} \cdot \alpha \cdot K_{tv} \cdot p \cdot E^{\frac{t_y}{5} - 1} \cdot \tau_0^{12} \cdot \alpha_G^{\frac{t_y}{2}} \cdot \left(\frac{k \cdot fm}{\sigma_0} \right)^{t_y}, \quad (1)$$

где σ_0 – разрушающее напряжение при однократном растяжении, Мпа;

t_y – параметр кривой фрикционной усталости;

E – модуль продольной упругости материала детали, Мпа;

K_{tv} – поправочный коэффициент к числу циклов до отделения с поверхности частиц износа;

α – коэффициент перекрытия;

α_G – коэффициент гистерезисных потерь при простом растяжении-сжатии;

$fm = \frac{\tau_0}{HB} + \beta$ – молекулярная составляющая коэффициент трения;

τ_0, β – фрикционные параметры, зависящие от условия работы пары трения;

HB – твердость по Бринелю;

k – коэффициент, учитывающий качество поверхности детали;

p – контактное давление в сопряжении, Мпа.

Контактное давление определяется по следующей расчетной зависимости [15]:

$$p = \frac{1}{\pi} \sqrt[3]{\frac{6 \cdot k_d \cdot F_n \cdot E_1^2 \cdot E_2^2}{R_{pr}^2 \cdot [E_2 \cdot (1 - \mu_1^2) + E_1 \cdot (1 - \mu_2^2)]^2}}, \quad (2)$$

где k_d – динамический коэффициент;

F_n – нормальная сила в зоне контакта;

E_1, E_2 – модули продольной упругости материалов контактирующих деталей, Мпа;

μ_1, μ_2 – коэффициенты Пуассона.

$R_{pr} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$ – приведенный радиус кривизны, мм;

R_1, R_2 – радиусы ведущего и ведомого колес, мм.

Ресурс работы передачи определяется следующим образом [15]:

$$t = \frac{h}{2 \cdot I_h \cdot b_h \cdot \frac{V_1 - V_2}{V_1} \cdot n_1}, \quad (3)$$

где b_h – ширина контакта, мм; V_1, V_2 – линейные окружные скорости в месте контакта для ведущего и ведомого дисков, м/с; n_1 – число оборотов ведущего диска, об/мин; h – толщина изношенного слоя, мм.

ОБСУЖДЕНИЕ

Для сравнения ресурса работы был произведен расчет для двух вариантов:

1-й вариант – контакт дисков, изготовленных из стали и высокопрочного закаленного чугуна. При этом модули продольной упругости материалов равны $E_1=2 \cdot 10^5$ МПа, $E_2=6 \cdot 10^4$ МПа. Твердость принималась равной $HB=500$. Ширина контакта $b_n = 10$ мм. Расчеты выполнялись при величине силы прижатия $F_n = 1000$ Н. Толщина изнашиваемого слоя принималась равной $h = 1$ мм. Диаметры принимались равными $D_1 = D_2 = 100$ мм. Величина ресурса работы при указанных выше условиях, для рассматриваемой пары составила $t_1 = 21992$ ч.

2-й вариант – контакт диска, изготовленного из стали с диском, имеющим упрочненный слой, полученный по рассматриваемой в работе технологии. Отличие от рассмотренного выше случая заключается в том, что модуль продольной упругости колеса с упрочненным слоем равен $E=2 \cdot 10^5$ МПа, т.к. структура слоя соответствует стали. Ввиду того, что твердость слоя меняется по мере продвижения вглубь сплава, расчеты проводились по слою. Результаты расчетов приведены в таблице 1.

Как можно видеть из таблицы 1, общая износостойкость упрочненного превышает аналогичный показатель для высокопрочного закаленного чугуна на 15 %.

Испытания на износостойкость проводились на установке (см. рисунок 2) [14]. Испытуемый образец (8) с плоской поверхностью истирается на абразивной ленте (7). Величина нормального давления и скорость движения абразивной ленты фиксированы. Нормальное давление на образец задается грузами (5) при помощи коромысла (4) и при испытании

остаётся постоянным. Постоянство скорости движения ленты обеспечивается тянущим механизмом, состоящим из двигателя (1) и редуктора (2) со ступенчатым регулированием скорости от 0,001 до 0,2 м/с, металлического и резинового валков (3).

В качестве характеристики сопротивления износу использовалась удельная работа абразивного износа [14].

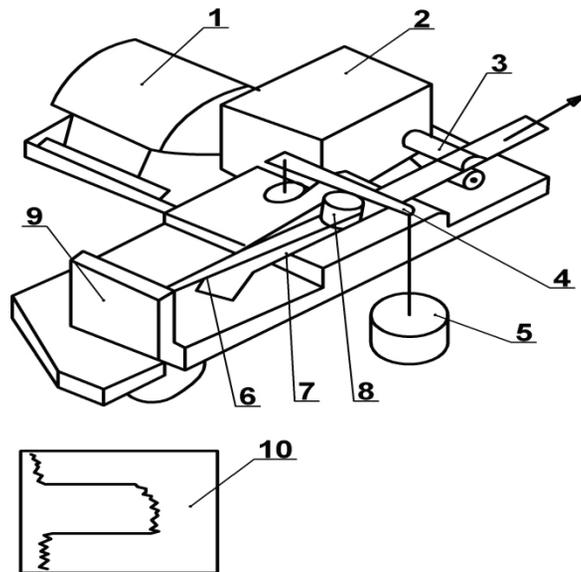


Рисунок 2 – Принципиальная схема установки для испытания материалов на абразивный износ: 1 – электродвигатель; 2 – редуктор; 3 – валки; 4 – коромысло; 5 – груз; 6 – нить; 7 – лента абразивная; 8 – образец; 9 – тензорезисторный силоизмерительный элемент; 10 – потенциометр.

Figure 2 – Schematic diagram of the installation for testing materials on abrasive wear: 1 – electric motor; 2 – reducer; 3 – rolls; 4 – rocker; 5 – cargo; 6 – thread; 7 – abrasive tape; 8 – sample; 9 – strain gage force measuring element; 10 – potentiometer

ТАБЛИЦА 1
Результаты расчетов ресурса работы колеса с упрочненным слоем

TABLE 1
Calculation results of operation of the wheel with reinforced layer

Толщина слоя h, мм	Время изнашивания t, ч
0.2	3600
0.4	7200
0.6	13478
0.8	19443
1.0	25966

Были получены следующие результаты:
 Удельная работа абразивного износа для упрочненного слоя $a = 5,57 \pm 0,19$ Дж/мг
 Удельная работа абразивного износа для высокопрочного закаленного чугуна $a = 6,83 \pm 0,19$ Дж/мг.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Удельная работа абразивного износа упрочненного слоя и высокопрочного закаленного чугуна сопоставимы, что подтверждает справедливость результатов, полученных расчетным путем.

Отклонения результатов:

$$\Delta t_{расч} = \frac{4399 - 3600}{4399} \times 100\% = 18.2\%;$$

$$\Delta a_{эксп} = \frac{6.83 - 5.57}{6.83} \times 100\% = 18.4\%.$$

Анализ полученных результатов позволяет сделать некоторые выводы в части особенностей применения рассматриваемого способа упрочнения серого чугуна в зависимости от требований деталям:

– детали, на эксплуатационные свойства которых не оказывает существенного влияния

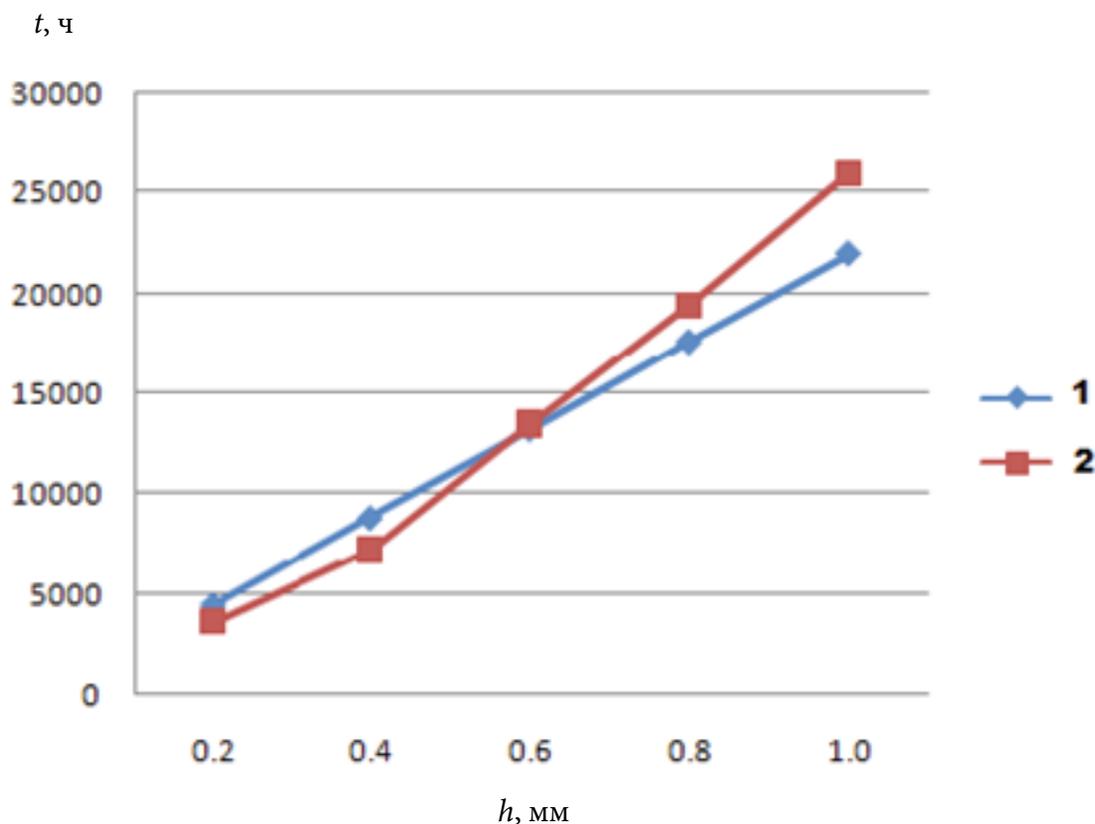


Рисунок 3 – Зависимости $t=f(h)$:
 1 – взаимодействие стального диска и диска из высокопрочного закаленного чугуна;
 2 – взаимодействие стального диска и диска с упрочненным слоем

Figure 3 – Dependences $t = f(h)$:
 1 – interaction of the steel disk and disk from high-strength hardened cast iron;
 2 – interaction of the steel disk and disk with strengthened layer

точность геометрических размеров (тормозные диски, колодки, барабаны и т.д.). В данном случае основным требованием является максимально возможный ресурс работы. Этого можно добиться ускорением приработки и наличием максимальной толщины упрочненного слоя. В данном случае нет необходимости в удалении части слоя, имеющей пониженную твердость (ферритной каймы). Наличие ферритной каймы позволит ускорить процесс приработки;

– детали, где важно сохранить точность геометрических размеров максимально долго (гильзы цилиндров двигателя, шейки коленчатых валов и т.д.). Здесь необходимо удаление слоя с пониженной твердостью.

Для определения величины минимального припуска, подлежащего удалению, построим зависимости $t=f(h)$ для рассматриваемых выше вариантов в одной системе координат.

Как можно видеть из рисунка 3 ресурс работы пары с упрочненным слоем начинает превышать ресурс работы пары из высокопрочного закаленного чугуна при толщине слоя по мере продвижения вглубь на 0.5 мм, что позволяет судить о величине припуска под механическую обработку.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Майоров В.С., Майоров С.В. Закалка чугуновых деталей излучением твердотелого лазера // *Металловедение и термическая обработка металлов*. 2009. №3. С. 6-8.
2. Кристал М.А. Механизм диффузии в железных сплавах. М.: *Металлургия*, 1972. 400 с.
3. Поветкин В.В., Ковенский И.М. Структура электролитических покрытий. М.: *Металлургия*, 1989. 136 с.
4. Эдигаров В.Р., Алимбаева Б.Ш., Перков П.С. Комбинированная электромеханоультразвуковая обработка поверхностных слоев деталей машин // *Вестник СибАДИ*. 2017. № 2(54). С. 42-47. DOI:10.26518/2071-7296-2017-2(54)-42-47
5. Коротаев Д.Н., Иванова Е.В. Особенности формирования функциональных покрытий при электроискровом модифицировании металлических материалов // *Вестник СибАДИ*. 2017. № 3(55). С. 62-68. DOI:10.26518/2071-7296-2017-3(55)-62-68
6. Nisitani H., Tanaka S., Todaka T. Relation between microcrack and coxing effect of aged 0,15% C steels after quenching at law

temperatures // *J. Soc. Mat. Sei Japan*. 1980. №26. p.317

7. Cooper R.E., Rowland W.D., Beasley D. *Atom. Weapons Res Estable//Atom Energy Auth Rept*. 1971. -0,25/71. p. 32-36.

8. Plenard E. Cast iron damping capacity, structure and property relation // *Modern Castings*. 1962. - V41/ P. 14-26.

9. Gilbert G.N. Variation of the microstructure of flake graphite cast iron after stressing in tension and compression // *BCJRA Journal*. 1964. 1. P. 18-25.

10. Lampman S., *Introduction to surface hardening of steels*, ASM Handbook, Vol. 4, Heat Treating, ASM International, Materials Park, OH, pp. 259-267, 1997. p.

11. Ruglic T., *Flame hardening*, ASM Handbook, Vol. 4, Heat Treating, ASM International, Materials Park, OH. pp.268-285, 1997.p.

12. John C. Ion, "Laser processing of Engineering Materials", Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005. p.

13. Rana J, Goswami G L, Jha S K, Mishra P K, Prasad B V S SS, 2007, Experimental studies on the micro structure and hardness of laser – treated steel specimens, *Optics and Laser Technology*, 39, 385-393.

14. Гуревич Ю.Г., Овсянников В.Е., Фролов В.А. Влияние катализатора (железа) на взаимодействие оксидов с основой феррито-перлитного серого чугуна, обеспечивающее закалку и диффузионное легирование: монография. Курган: Изд-во КГУ, 2013. 102 с.

15. Износостойкость сопрягающихся деталей механического оборудования наземных транспортных систем / Н.В. Асеев, Е.Н. Асеева, Э.Ф. Крейчи, М.М. Матлин. Волгоград: ВолгГТУ, 2000. 99 с.

16. Мур Д. Основы и применения трибоники. М.: Мир, 1978. 488 с.

17. Суслов, А. Г. Технологическое обеспечение параметров состояния поверхностного слоя деталей / А. Г. Суслов; Брян. ин-т трансп. машиностроения. М.: Машиностроение, 1987. 208 с.

18. Хайнике Г. Трибохимия. М.: Мир, 1987. 584 с.

19. Крагельский И.В. Трение и износ. М.: Машиностроение, 1968. 480 с.

20. Vasiliev V.I., Ovsyannikov V.E., Nekrasov R. Yu. Determination of quenching modes after thermodiffusion hardening of parts from gray cast iron. // *Proceeding of international conference*

actual issues of mechanical engineering (AIME, 2017), AER-Advances in Engineering Research, B.133 p.537-542.

REFERENCES

1. Mayorov V.S., Mayorov S.V. Zakalka chugunnykh detalej izlucheniem tverdotelogo lazera [Hardening of iron details radiation of the solid laser]. *Metallovedenie i termicheskaya obrabotka metallov*, 2009, no. 3. Pp. 6-8.
2. Krishtal M.A. *Mekhanizm diffuzii v zheleznykh splavah* [Diffusion mechanism in iron alloys]. Moscow, Metallurgy, 1972. 400 p.
3. Povetkin V.V., Kovensky I.M. *Struktura ehlektroliticheskikh pokrytij* [Structure of electro-deposited coatings]. Moscow, Metallurgy, 1989. 136 p.
4. Edigarov V.R., Alimbaeva B.S., Perkov P.S. Combined electromechanoultrasonic processing of surface coating of machinery. *Vestnik SibADI*, 2017, no. 2(54), pp. 42-47. (In Russ.) DOI:10.26518/2071-7296-2017-2(54)-42-47
5. Korotaev D.N., Ivanova E.V. Features of formation of functional coverings at electrospark modifying of metal materials. *Vestnik SibADI*, 2017, no. 3(55), pp. 62-68. (In Russ.) DOI:10.26518/2071-7296-2017-3(55)-62-68
6. Nisitani H., Tanaka S., Todaka T. Relation between microcrack and coxing effect of aged 0,15% C steels after quenching at low temperatures // *J. Soc. Mat. Sei Japan*. 1980. №26. p.317
7. Cooper R.E., Rowland W.D., Beasley D. *Atom. Weapons Res Estable//Atom Energy Auth Rept*. 1971. 0,25/71. p.32-36.
8. Plenard E/ Cast iron damping capacity, structure and property relation // *Modern Castings*. 1962. V41/ p. 14-26.
9. Gilbert G.N. Variation of the microstructure of flake graphite cast iron after stressing in tension and compression // *BCJRA Journal*. 1964. 1. p. 18-25.
10. Lampman S., Introduction to surface hardening of steels, ASM Handbook, Vol. 4, Heat Treating, ASM International, Materials Park, OH, pp. 259-267, 1997.
11. Ruglic T., Flame hardening, ASM Handbook, Vol. 4, Heat Treating, ASM International, Materials Park, OH. pp. 268-285, 1997.
12. John C. Ion, "Laser processing of Engineering Materials", Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005.
13. Rana J, Goswami G L, Jha S K, Mishra P K, Prasad B V S S S, 2007, "Experimental studies on the micro structure and hardness of laser – treated steel specimens", *Optics and Laser Technology*, 39 , pp. 385-393
14. Gurevich Yu.G., Frolov V.A. *Vliyanie katalizatora (zheleza) na vzaimodejstvie oksidov s osnovoj ferrito-perlitnogo serogo chuguna, obespechivayushchee zakalku i diffuzionnoe legirovanie* [Influence of the catalyst (iron) on the interaction of oxides with the basis of ferrito-perlitny gray cast iron providing training and diffusive alloying]. Barrow: KGU publishing house, 2013. 102 p.
15. *Iznosostojkost' sopryagayushchihsya detalej mekhanicheskogo oborudovaniya nazemnykh transportnykh sistem* [Resistance of the interfaced details of the mechanical equipment of the land transport systems]. N.V. Aseev, E.N. Aseeva, E.F. Krejci, M.M. Matlin. Volgograd, 2000. 99 p.
16. Mur D. *Osnovy i primeneniya triboniki* [Bases and applications of tribonik]. Moscow, Mir, 1978. 488 p.
17. Suslov A.G. *Tekhnologicheskoe obespechenie parametrov sostoyaniya poverhnostnogo sloya detalej* [Technological support of parameters of a condition of a blanket of details]. Moscow, Mashinostroenie, 1987. 208 p.
18. Haynike G. *Tribokhimiya*, M.: World, 1987, 584 p.
19. Kragelsky I. V. *Friction and wear*. M.: Mashinostroeniye, 1968, 480 p.
20. Vasiliev V.I., Ovsyannikov V.E., Nekrasov R. Yu. Determination of quenching modes after thermomdiffusion hardening of parts from gray cast iron. // *Proceeding of international conference actual issues of mechanical engineering (AIME, 2017), AER-Advances in Engineering Research, B.133 p.537-542.*

Поступила 25.02.2018, принята к публикации 25.06.2018.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: Никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. Конфликт интересов отсутствует.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Овсянников Виктор Евгеньевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Инноватика и менеджмент качества» ФГБОУ ВО Курганский государственный университет (640020, г. Курган, ул. Советская 63, стр. 4, e-mail: vik9800@mail.ru).

РАЗДЕЛ II. ТРАНСПОРТ

Васильев Валерий Иванович – доктор технических наук, профессор кафедры «Автомобильный транспорт и автосервис» ФГБОУ ВО Курганский государственный университет (640020, г. Курган, ул. Советская 63, стр. 4, e-mail: vvprof@rtural.ru).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ovsyannikov Victor Evgenyevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Innovatics and Quality Management Department, Kurgan State University (640020, Kurgan, 63, building 4, Sovetskaya St., e-mail: vik9800@mail.ru).

Vasilyev Valery Ivanovich – Doctor of Technical Sciences (Engineering), Professor of the Motor Transport and Car Service Department, Kurgan State University (640020, Kurgan, 63, building 4, Sovetskaya St., e-mail: vvprof@rtural.ru).

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Васильев В.И. 50% (организация работы авторского коллектива, проработка концепции исследования).

Овсянников В.Е. 50% (создание алгоритма и программного продукта для расчета параметров износостойкости материалов с упрочненным слоем, проведение и анализ результатов экспериментов).