

Редакция

Главный редактор

Радченко С.Ю. д-р техн. наук, проф.

Заместители главного редактора:

Барсуков Г.В. д-р техн. наук, проф.

Гордон В.А. д-р техн. наук, проф.

Подмастерьев К.В. д-р техн. наук,
проф.

Поляков Р.Н. д-р техн. наук, проф.

Шоркин В.С. д-р физ.-мат. наук, проф.

Члены редколлегии:

Бухач А. д-р техн. наук, проф. (Польша)

Голенков В.А. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Дьяконов А.А. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Емельянов С.Г. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Запонец Я. д-р техн. наук, проф. (Чехия)

Зубанинов В.Г. д-р техн. наук, проф.
(Россия)

Киричек А.В. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Копылов Ю.Р. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Кузичкин О.Р. д-р техн. наук, проф.
(Россия)

Кухарь В.Д. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Лавриненко В.Ю. д-р техн. наук, проф.
(Россия)

Ли Шэнбо. канд. техн. наук, доц. (Китай)

Мирсалимов В.М. д-р физ.-мат. наук, проф.
(Азербайджан)

Мулюкин О.П. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Осадчий В.Я. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Пилипенко О.В. д-р техн. наук, проф.
(Россия)

Распопов В.Я. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Савин Л.А. д-р техн. наук, проф.
(Россия)

Смоленцев В.П. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Солдаткин В.М. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Старовойтов Э.И. д-р физ.-мат. наук, проф.
(Беларусь)

Степанов Ю.С. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Хейфец М.Л. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Ответственный секретарь:

Тюхта А.В. канд. техн. наук

Адрес редакции

302030, г. Орел, ул. Московская, 34

+7(920)2806645, +7(906)6639898

http://oreluniver.ru

E-mail: radsu@rambler.ru

Зарег. в Федеральной службе по
надзору в сфере связи, информационных

технологий и массовых коммуникаций.

Свидетельство ПИ № ФС77-67029

от 30 августа 2016 года

Подписной индекс 29504

по объединенному каталогу

«Пресса России»

© ОГУ имени И.С. Тургенева, 2020

Содержание

Материалы международной научно-технической конференции

«Динамика, надежность и долговечность механических и биомеханических систем»

Секция «Технологии, материалы и инструменты»

Овчинников В.В., Учеваткина Н.В., Слезко М.Ю., Лукьяненко Е.В., Якутина С.В., Курбатова И.А. Влияние предварительной ультразвуковой обработки титанового сплава втб на структуру поверхностного слоя, подвергнутого имплантации	3
Бурилич И.Н., Куц В.В., Панин А.А., Тютонов Д.Н. Совершенствование методов проектирования некоторых видов режущего инструмента	18
Ли С., Галиновский А.Л., Абашин М.И., Кравченко И.Н. Перспективная конструкция и технология диагностики инструмента для утилизации композитов	23
Дударев А.С., Подвинцев А.В. Определение крутящего момента при сверлении углепластика	33
Звягина Е.А., Селеменев М.Ф., Ковалева В.С., Левшина К.В., Минаева Е.М. Исследования влияния тонкопленочного покрытия на процесс теплообразования при обработке	40
Звягина Е.А., Селеменев М.Ф., Ковалева В.С., Левшина К.В., Минаева Е.М. Повышение стойкости инструмента за счет нанесения на рабочие поверхности фторированных ПАВ..	50
Куксенова Л.И., Козлов Д.А. Легирование поверхности стали 30ХГСН2А для повышения её трибологических характеристик	55
Лавриненко В.Ю., Поляков А.О. Разработка методики проектирования технологических процессов изготовления деталей типа «Кольцо» сжатием	61
Лебедева Д.А. Варианты течения металла при выдавливании стаканов с коническим дном.....	68
Мухамедзянова А.А., Ихсанов И.А., Асылгареев А.А. Волокнообразующие свойства нефтяных пеков	72
Реицков Е.О. Радиальное выдавливание полый цилиндрической заготовки с внутренним выступом.....	78
Харченко А.О., Харченко А.А. Структурно-компоновочный синтез подсистем модулей для внутренней резьбообработки	85
Харченко А.О., Часовитина А.С. Структура резьбообрабатывающего модуля с механизмами параллельной кинематики	95
Шеховцева Т.В., Шеховцева Е.В. Оценка контактных разрушений зубьев по боковым поверхностям	103
Вялков В.Г., Глазунов С.Н., Цирков П.А. Восстановление изношенных поверхностей чугуновых и стальных деталей электродуговой наплавкой ферромагнитной шихтой	112
Годжаев З.А., Крюковская Н.С., Ильченко Е.Н., Алексеев И.С., Годжаев Т.З. Концепция создания стенда для испытания системы управления беспилотным зерноуборочным комбайном.....	117
Дологлоня А.В., Матвеев В.Т. Использование местных климатических ресурсов холода в комбинированных циклах микрогазотурбинных двигателей для распределенной энергетики	124
Неменко А.В., Никитин М.М. Линейная реконструкция положения контролируемого объекта	136
Харченко А.О., Братан С.М., Владецкий Е.А. Моделирование динамического воздействия инструмента и заготовки при круглом шлифовании в плавучих мастерских.....	141
Федоровская Н.К., Федоровский К.Ю. Пути снижения приема забортной воды системой охлаждения судовой энергоустановкой	152
Федоровская Н.К., Федоровский К.Ю., Ениватов В.В. Учет экологического фактора при оценке эффективности систем охлаждения судовых энергоустановок	157
Головин В.И., Радченко С.Ю. Система мониторинга состояния инструмента в условиях серийного производства	161
Бохонский А.И., Варминская Н.И., Рыжков А.И. Проектирование манипуляторов минимальной массы с компенсацией перемещений	169
Хромов Е.В., Морева И.Н. Экспериментальные исследования характеристик внутреннего трения резиновых гасителей в канатных машинах.....	180

Editorial Committee

Editor-in-chief

Radchenko S.Yu. Doc. Sc. Tech., Prof.

Editor-in-chief Assistants:

Barsukov G.V. Doc. Sc. Tech., Prof.

Gordon V.A. Doc. Sc. Tech., Prof.

Podmasteryev K.V. Doc. Sc. Tech., Prof.

Polyakov R.N. Doc. Sc. Tech., Prof.

Shorkin V.S. Doc. Sc. Ph. – Math., Prof.

Member of editorial board:

Bukhach A. Doc. Sc. Tech., Prof. (Poland)

Golenkov V.A. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Dyakonov A.A. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Emelyanov S.G. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Zapomel Ya. Doc. Sc. Tech., Prof. (Czech Republic)

Zubchaninov V.G. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Kirichek A.V. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Kopylov Yu.R. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Kuzichkin O.R. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Kukhar V.D. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Lavrynenko V.Yu. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Li Shenbo. Cand. Sc. Tech., Assist. Prof. (China)

Mirsalimov V.M. Doc. Sc. Ph. – Math., Prof. (Azerbaijan)

Mulyukin O.P. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Osadchy V.Ya. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Pilipenko O.V. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Raspopov V.Ya. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Savin L.A. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Smolenzhev V.P. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Soldatkin V.M. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Starovoitov A.I. Doc. Sc. Ph. – Math., Prof. (Belarus)

Stepanov Yu.S. Doc. Sc. Tech., Prof. (Russia)

Heifets M.I. Doc. Sc. Tech., Prof. (Belarus)

Executive secretary:

Tyukhta A.V. Candidate Sc. Tech.

Address

302030 Orel, Moskovskaya ul., 34

+7(920)2806645, +7(906)6639898

<http://oreluniver.ru>

E-mail: radsu@rambler.ru

Journal is registered in Federal Agency of supervision in sphere of communication, information technology and mass communications. The certificate of registration PI № FS77-67029 from 30.08.2016

Index on the catalogue of the

«Pressa Rossii» 29504

© Orel State University, 2020

Contents

Materials of the international scientific and technical conference

«Dynamics, reliability and durability of mechanical and biomechanical systems»

Section "Technologies, materials and tools"

Ovchinnikov V.V., Uchevatkina N.V., Slezko M.Yu., Lukyanenko E.V., Yakutina S.V., Kurbatova I.A. Influence of preliminary ultrasonic processing of vt6 titanium alloy on the structure of a surface layer after implantation	3
Burilich I.N., Kuts V.V., Panin A.A., Tyutyunov D.N. Improvement of methods of designing some kinds of cutting tool	18
Li X., Galinovsky A.L., Abashin M.I., Kravchenko I.N. New construction and technological solutions for creating a tool for disposal of composite materials and the method of their ultrasonic diagnostics	23
Dudarev A.S., Podvintsev A.V. Determining torque when drilling carbon fiber	33
Zvyagina E.A., Selemenov M.F., Kovaleva V.S., Levshina K.V., Minaeva E.M. Studies of the influence of thin film coating on the heat formation process during processing	40
Zvyagina E.A., Selemenov M.F., Kovaleva V.S., Levshina K.V., Minaeva E.M. Increasing the stability of the tool at the expense of application to the working surfaces of fluorated surfaces	50
Kuksenova L.I., Kozlov D.A. Alloying the surface of steel 30KHGSN2A to increase its tribological characteristics	55
Lavrinenko V.Yu., Polyakov A.O. Development of the method of design of technological processes of manufacturing of ring-shaped parts by compression	61
Lebedeva D.A. The study of the combined extrusion of glasses with a conical bottom part	68
Mukhamedzyanova A.A., Ihsanov I.A., Asylgareev A.A. Fiber-forming properties of heavy pyrolysis tar's pitches	72
Reschikov E.O. Hollow cylinder billet with an internal protrusion radial pressing	78
Kharchenko A.O., Kharchenko A.A. Structural-layout synthesis of modules subsystems for internal threading	85
Kharchenko A.O., Chasovitina A.S. Structure of a thread processing module with parallel kinematics mechanisms	95
Shehovtseva T.V., Shehovtseva E.V. The estimation of gears contact failures over the tooth surfaces	103
Vyalkov V.G., Glazunov S.N., Tsirkov P.A. Restoration of worn surfaces from cast iron and steel parts by electric arc welding with ferromagnetic charge	112
Godzhaev Z.A., Kryukovskaya N.S., Ilchenko E.N., Alekseev I.S., Godzhaev T.Z. The concept of creating a stand for testing the control system of an unmanned combine harvester	117
Dologlonyan A.V., Matvienko V.T. Use of local cold climate resources in combined cycles of microgas turbine engines for distributed power engineering	124
Nemenko A.V., Nikitin M.M. Linear reconstruction of the controlled object position	136
Kharchenko A.O., Bratan S.M., Vladetskaya E.A. Simulation of the dynamic impact of tools and workpieces during round grinding in floating workshops	141
Fedorovskaya N.K., Fedorovskiy K.Yu. Ways of reducing intake water reception by the cooling system of a ship power plant	152
Fedorovskaya N.K., Fedorovskiy K.Yu., Enivatov V.V. Accounting the environmental factor when evaluating the efficiency of the cooling systems of ship power plants	157
Golovin V.I., Radchenko S.Yu. Tool condition monitoring system in serial production conditions	161
Bokhonsky A.I., Varminkaya N.I., Ryzhkov A.I. Elastic object designing for the research of the optimal portable rotational motion around fixed axis	169
Khromov E.V., Moreva I.N. Experimental research of characteristics of internal friction of rubber extinguishers in rope machines	180

СЕКЦИЯ «ТЕХНОЛОГИИ, МАТЕРИАЛЫ И ИНСТРУМЕНТЫ»

УДК 621.891

DOI: 10.33979/2073-7408-2020-342-4-2-3-17

В.В. ОВЧИННИКОВ, Н.В. УЧЕВАТКИНА, М.Ю. СЛЕЗКО,
Е.В. ЛУКЬЯНЕНКО, С.В. ЯКУТИНА, И.А. КУРБАТОВА

ВЛИЯНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ ТИТАНОВОГО СПЛАВА VT6 НА СТРУКТУРУ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ, ПОДВЕРГНУТОГО ИМПЛАНТАЦИИ

Аннотация. В статье приводится исследование по имплантации серебра титанового сплава VT6. Показано, что ионная имплантация способствует созданию в поверхностном слое мишени сжимающих напряжений, что позволяет повысить показатели выносливости обрабатываемого сплава при знакопеременных нагрузках. УЗО приводит к формированию на поверхности мишени из сплава VT6 наноструктурированного слоя. В результате ультразвуковой ударной обработки структура поверхностного слоя претерпевает существенные изменения.

Ключевые слова: титановые сплавы, ионная имплантация, ультразвуковая обработка, микроструктура.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России «Влияние магнитных полей и ионной имплантации на структуру, химический состав и свойства титановых, алюминиевых сплавов и элементарных полупроводников»

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Thakur S. K., Krishnan R. G. *Advances in Applied Surface Engineering*. – Singapore: Research Publishing Services, 2011. – 394 p.
2. Хокинг М., Васантакри В., Сидки П. Металлические и керамические покрытия: Получение, свойства и применение / Под ред. Р.А. Андриевского. – М.: Мир, 2000. – 518 с.
3. Youssef H.A., El-Hofy H.A., Ahmed M.H. *Manufacturing technology: materials, processes, and equipment*. – Boca Raton, FL: Taylor & Francis/CRC Press, 2012. – 915 p.
4. Панин В.Е., Сергеев В.П., Панин А.В. Наноструктурирование поверхностных слоев конструкционных материалов и нанесение наноструктурных покрытий. – Томск: Изд. ТПУ, 2008. – 286 с.
5. Панин В.Е., Клименов В.А., Безбородов В.П. и др. Субструктурные и фазовые превращения при ультразвуковой обработке мартенситной стали // ФММ. – 1993. – Т. 86. – № 6. – С.77-83.
6. Холопов Ю.В. Безабразивная ультразвуковая финишная обработка металлов – технология XXI века // Металлообработка. – 2002. – № 4. – С. 46-48.
7. Huuki J., Laakso S.V. Integrity of surfaces finished with ultrasonic burnishing // *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*. – 2013. – V. 227. – № 1. – P. 45-53.
8. Батаев И.А., Батаев А.А. Ромашева Ю.Н. и др. Пластическая деформация и поверхностное упрочнение высокомарганцовистой стали индентором сферической формы, колеблющимся с ультразвуковой частотой // Деформация и разрушение материалов. – 2010. – № 4. – С. 32-36.
9. Uchevatkina N.V., Borovin Yu.M., Ovchinnikov V.V., Zhdanovich O.A., Sbitnev A.G. Stressed State of the Surface Layer of VT6 Titanium Alloy after Copper and Lead Ion Implantation. // *Indian Journal of Science and Technology*, 2015, December, vol. 8 (36), p. 1-6.
10. Ovchinnikov V.V., Lukyanenko E.V., Yakutina S.V. Investigation of the Effect of Complex Treatment on the Wear Resistance of Titanium Alloys. // *Materials Today: Proceedings* 11 (2019) 359–362.
11. A.V. Panin, V.A. Klimenov, Yu.I. Pochivalov, A.A. Son, M.S. Kazachenok. The effect of ultrasonic treatment on mechanical behavior of titanium and steel specimens. *Theoretical and Applied Fracture Mechanics* 41, 1-3 (2004), p. 163-172.
12. Ovchinnikov V.V., Lukyanenko E.V., Yakutina S.V. Investigation of the Effect of Complex Treatment on the Wear Resistance of Titanium Alloys. // *Materials Today: Proceedings* 11 (2019) 359–362.
13. Byeli A. V. et al. High current density ion implantation and its application to improve the wear resistance of ferrous materials // *Wear*. – 1997. – Т. 203. – С. 596-607.
14. Wilbur P. J. et al. High current density, low energy, ion implantation of AISI-M2 tool steel for tribological applications // *Surface and Coatings Technology*. – 1996. – Т. 83. – №. 1-3. – P. 250-256.

Овчинников Виктор Васильевич

Московский Политехнический Университет
Доктор технических наук, профессор кафедры
«Материаловедения»
107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38
Тел.: (495)276-34-47
e-mail: vikov1956@mail.ru

Слезко Максим Юрьевич

Московский Политехнический Университет
аспирант кафедры «Материаловедения»
107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38
Тел.: (495)276-34-47
e-mail: xxxmsu@gmail.com

Якутина Светлана Викторовна

Московский Политехнический Университет
Кандидат технических наук, доцент кафедры
«Материаловедения»
107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38
Тел.: (495)276-34-47
e-mail: svyakut@yandex.ru

Учеваткина Надежда Владимировна

Московский Политехнический Университет
Кандидат химических наук, доцент
Ведущий научный сотрудник
107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38
Тел.: (495)276-34-47
e-mail: uchevatkina@yandex.ru

Лукьяненко Елена Владимировна

Московский Политехнический Университет
Кандидат технических наук, доцент кафедры
«Материаловедения»
107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38
Тел.: (495)276-34-47
e-mail: lev_2506@mail.ru

Курбатова Ирина Александровна

Московский Политехнический Университет
Кандидат технических наук, доцент кафедры
«Материаловедения»
107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38
Тел.: (495)276-34-47
e-mail: kurbatova-i@rambler.ru

V.V. OVCHINNIKOV, N.V. UCHEVATKINA, M.YU. SLEZKO,
E.V. LUKYANENKO, S.V. YAKUTINA, I.A. KURBATOVA

INFLUENCE OF PRELIMINARY ULTRASONIC PROCESSING OF VT6 TITANIUM ALLOY ON THE STRUCTURE OF A SURFACE LAYER AFTER IMPLANTATION

Abstract. *The article presents a study on the implantation of silver titanium alloy VT6. It has been shown that ion implantation contributes to the creation of compressive stresses in the surface layer of the target, which makes it possible to increase the endurance indices of the processed alloy under alternating loads. Ultrasonic processing leads to the formation of a nanostructured layer on the surface of a VT6 alloy target. As a result of ultrasonic impact treatment, the structure of the surface layer undergoes significant changes.*

Keywords: *titanium alloys, ion implantation, ultrasonic treatment, microstructure.*

BIBLIOGRAPHY

1. Thakur S. K., Krishnan R. G. *Advances in Applied Surface Engineering*. – Singapore: Research Publishing Services, 2011. – 394 p.
2. Khoking M., Vasantasri V., Sidki P. *Metallicheskiye i keramicheskiye pokrytiya: Polucheniye, svoystva i primeneniye / Pod red. R.A. Andriyevskogo*. – M.: Mir, 2000. – 518 s.
3. Youssef H.A., El-Hofy H.A., Ahmed M.H. *Manufacturing technology: materials, processes, and equipment*. – Boca Raton, FL: Taylor & Francis/CRC Press, 2012. – 915 p.
4. Panin V.Ye., Sergeyev V.P., Panin A.V. *Nanostrukturirovaniye poverkhnostnykh sloyev konstruktsionnykh materialov i nanoseniye nanostrukturnykh pokrytiy*. – Tomsk: Izd. TPU, 2008. – 286 s.
5. Panin V.Ye., Klimenov V.A., Bezborodov V.P. i dr. *Substrukturnyye i fazovyye prevrashcheniya pri ul'trazvukovoy obrabotke martensitnoy stali // FMM*. – 1993. – Т. 86. – № 6. – С.77-83.
6. Kholopov YU.V. *Bezabrazivnaya ul'trazvukovaya finishnaya obrabotka metallov – tekhnologiya KHKHI veka // Metalloobrabotka*. – 2002. – № 4. – С. 46-48.
7. Huuki J., Laakso S.V. *Integrity of surfaces finished with ultrasonic burnishing // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*. – 2013. – V. 227. – № 1. – P. 45-53.
8. Batayev I.A., Batayev A.A., Romasheva YU.N. i dr. *Plasticheskaya deformatsiya i poverkhnostnoye uprochneniye vysokomargantsovistoy stali indentorom sfericheskoy formy, koleblyushchimsya s ul'trazvukovoy chastotoy // Deformatsiya i razrusheniye materialov*. – 2010. – № 4. – С. 32-36.
9. Uchevatkina N.V., Borovin Yu.M., Ovchinnikov V.V., Zhdanovich O.A., Sbitnev A.G. *Stressed State of the Surface Layer of VT6 Titanium Alloy after Copper and Lead Ion Implantation. // Indian Journal of Science and Technology*, 2015, December, vol. 8 (36), p. 1-6.

10. Ovchinnikov V.V., Lukyanenko E.V., Yakutina S.V. Investigation of the Effect of Complex Treatment on the Wear Resistance of Titanium Alloys. // Materials Today: Proceedings 11 (2019) 359–362.
11. A.V. Panin, V.A. Klimenov, Yu.I. Pochivalov, A.A. Son, M.S. Kazachenok. The effect of ultrasonic treatment on mechanical behavior of titanium and steel specimens. Theoretical and Applied Fracture Mechanics 41, 1-3 (2004), p. 163-172.
12. Ovchinnikov V.V., Lukyanenko E.V., Yakutina S.V. Investigation of the Effect of Complex Treatment on the Wear Resistance of Titanium Alloys. // Materials Today: Proceedings 11 (2019) 359–362.
13. Byeli A. V. et al. High current density ion implantation and its application to improve the wear resistance of ferrous materials //Wear. – 1997. – Т. 203. – С. 596-607.
14. Wilbur P. J. et al. High current density, low energy, ion implantation of AISI-M2 tool steel for tribological applications //Surface and Coatings Technology. – 1996. – Т. 83. – №. 1-3. – R. 250-256.

Ovchinnikov Viktor Vasilievich

Moscow Polytechnic University
Doctor of Technical Sciences, Professor of the
Department of Materials Science
107023, Moscow, st. B. Semyonovskaya, 38
Tel.: (495) 276-34-47
e-mail: vikov1956@mail.ru

Uchevatkina Nadezhda Vladimirovna

Moscow Polytechnic University
Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor
Leading Researcher
107023, Moscow, st. B. Semyonovskaya, 38
Tel.: (495) 276-34-47
e-mail: uchevatkina@yandex.ru

Slezko Maxim Yurievich

Moscow Polytechnic University
postgraduate student of the Department of Materials
Science
107023, Moscow, st. B. Semyonovskaya, 38
Tel.: (495) 276-34-47
e-mail: xxxmsu@gmail.com

Lukyanenko Elena Vladimirovna

Moscow Polytechnic University
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of
the Department of Materials Science
107023, Moscow, st. B. Semyonovskaya, 38
Tel.: (495) 276-34-47
e-mail: lev_2506@mail.ru

Yakutina Svetlana Viktorovna

Moscow Polytechnic University
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of
the Department of Materials Science
107023, Moscow, st. B. Semyonovskaya, 38
Tel.: (495) 276-34-47
e-mail: svyakut@yandex.ru

Kurbatova Irina Alexandrovna

Moscow Polytechnic University
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of
the Department of Materials Science
107023, Moscow, st. B. Semyonovskaya, 38
Tel.: (495) 276-34-47
e-mail: kurbatova-i@rambler.ru

УДК 624.012.45.04

DOI: 10.33979/2073-7408-2020-342-4-2-18-22

И.Н. БУРИЛИЧ, В.В. КУЦ, А.А. ПАНИН, Д.Н. ТЮТЮНОВ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Аннотация. В данной статье предлагается математическая модель, применяемая при проектировании некоторых разновидностей режущего инструмента. Представлена тенденция развития указанного подхода. Выполнено исследование диапазонов изменения целого ряда геометрических параметров указанных объектов проектирования. Найдены соответствующие локальные экстремумы. Получена функциональная связь между изучаемыми величинами.

Ключевые слова: расчетные параметры, локальный экстремум, допустимые границы исследуемых величин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Протасьев В.Б., Степанов Ю.С., Ушаков М.В. Прогрессивные конструкции затылованных инструментов / В.Б.Протасьев, Ю.С.Степанов, М.В.Ушаков; Под ред. Ю.С.Степанова. - М.: Машиностроение, 2003. – 223 с.: ил.
2. Лашнев С.И., Борисов А.Н., Емельянов С.Г. Геометрическая теория формирования поверхностей режущими инструментами / С.И.Лашнев, А.Н.Борисов, С.Г.Емельянов. – Курск: КГТУ, 1997. – 390 с.: ил.
3. Металлорежущие инструменты: учебник для вузов. / Г.Н. Сахаров, О.Б., Арбузов, Ю.Л. Боровой и др. – М.: Машиностроение, 1989. – 328 с: ил.

4. Рыжкин А.А. Определение профиля червячной фрезы для изготовления зубчатых колес эллиптического профиля / А.А. Рыжкин [и др.] // Вестн. Донск. гос. техн. ун-та. -2010. -Т. 10. -№ 5. -С. 731-734.

5. Федоров С.С. Один из вариантов математической модели управления приводом модифицированной системы отопления зданий и сооружений / С.С.Федоров, Н.С.Кобелев, Д.Н.Тютюнов, Е.А.Панина и др. – Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г.Шухова. – 2012. – №3. – С.25-27.

Бурилич Ирина Николаевна

ФГБОУ «Курский государственный университет»

г.Курск

Кандидат технических наук, доцент кафедры алгебры, геометрии и ТОМ

305000, г.Курск, ул.Радищева, 33

E-mail: burili4@yandex.ru

Куц Вадим Васильевич

ФГБОУ «Юго-Западный государственный

университет» г.Курск

Доктор технических наук, профессор кафедры МТнО

305040, г.Курск, ул.50 лет Октября, 94

E-mail: kuc-vadim@yandex.ru

Панин Александр Андреевич

ФГБОУ «Юго-Западный государственный университет»

г.Курск

аспирант кафедры машиностроительных технологий и оборудования

305040, г.Курск, ул.50 лет Октября, 94

E-mail: elpan1na@yandex.ru

Тютюнов Дмитрий Николаевич

ФГБОУ «Юго-Западный государственный

университет» г.Курск

Кандидат технических наук, доцент кафедры высшей математики

305040, г.Курск, ул.50 лет Октября, 94

E-mail: tjutjunov@mail.ru

I.N. BURILICH, V.V. KUTS, A.A. PANIN, D.N. TYUTYUNOV

IMPROVEMENT OF METHODS OF DESIGNING SOME KINDS OF CUTTING TOOL

Abstract. *This paper proposes a mathematical model used in the design of some varieties of cutting tools. The development trend of this approach is presented. A study was made of the variation ranges of a number of geometric parameters for these design objects. The corresponding local extremes are found. The functional relationship between the studied values is obtained.*

Keywords: *calculated parameters, local extremum, permissible boundaries of the studied quantities.*

BIBLIOGRAPHY

1. Protasyev V.B., Stepanov Yu.S., Ushakov M.V. Progressive constructions of plugged tools / VB Protasiev, Yu.S.Stepanov, MVUshakov; Ed. Yu.S.Stepanov. - M.: Mashinostroenie, 2003. - 223 pp., Ill.

2. Lashnev S.I., Borisov A.N., Emelyanov S.G. Geometric theory of surface formation using cutting tools / S.I. Lashnev, A.N. Borisov, S.G.Emelyanov. - Kursk: KSTU, 1997. - 390 pp., Ill.

3. Metal cutting tools: textbook for universities. / G.N. Sakharov, OB, Ar-Buz, Yu.L. Borovoy and others - M.: Mashinostroenie, 1989. –328 with: Il.

4. Ryzhkin A.A. Determination of the profile of the worm milling cutter for the manufacture of toothed scaffolds of the elliptical profile / A.A. Ryzhkin [and others] // Vestn. Donsk. state tech. un-that. -2010. -Т. 10. -№ 5. -С. 731-734.

5. Fedorov S. S. One of the variants of the mathematical model of drive control of the modified heating system of buildings and structures / S. S. Fedorov, N. S. Kobelev, D. N. Tyutyunov, E. A. Panina, etc. - Bulletin of the Belgorod state technological University named after V. G. Shukhov. – 2012. – №3. – С.25-27.

Burilich Irina Nikolaevna

Kursk State University, Kursk

Candidate of technical Sciences, associate Professor of the Department of algebra, geometry and theory of teaching mathematics

305000, Kursk, Radischeva St., 33

E-mail: burili4@yandex.ru

Kuts Vadim Vasilyevich

Southwest State University, Kursk

Doctor of technical Sciences, Professor of the Department of Mtio

305040, Kursk, 50 years of October St., 94

E-mail: kuc-vadim@yandex.ru

Panin Aleksandr Andreevich

Southwest State University, Kursk
Post-graduate student of the Department of
mechanical engineering technologies and equipment
305040, Kursk, 50 years of October
St., 94
E-mail: elpan1na@yandex.ru

Tutunov Dmitry Nikolaevich

Southwest State University, Kursk
Candidate of technical Sciences, associate Professor of
mathematics
305040, Kursk, 50 years of October St., 94
E-mail: sli-kursk@yandex.ru

УДК 621.7

DOI: 10.33979/2073-7408-2020-342-4-2-23-32

С. ЛИ, А.Л. ГАЛИНОВСКИЙ, М.И. АБАШИН, И.Н. КРАВЧЕНКО

ПЕРСПЕКТИВНАЯ КОНСТРУКЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ДИАГНОСТИКИ ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ КОМПОЗИТОВ

Аннотация. Статья посвящена вопросам создания инструмента (ножей), применяемого для утилизации полимерных композиционных материалов. Актуальность выбранной тематики предопределена необходимостью решения задач повышения стойкости и ресурса ножей, что крайне важно для обеспечения более высоких технико-экономических показателей. Смежной задачей для отечественной экономики и промышленности является решение проблемы импортозамещения данного вида продукции. Сегодня как установки для утилизации композитов (дробилки), так инструмент и комплектующие, как правило, используются в РФ импортного производства, чаще всего КНР. Предлагаемый на рынке инструмент имеет ряд существенных недостатков, о которых достаточно подробно рассказано в статье. Именно эти недостатки и необходимо было решать, и с этой целью авторами предложен новая конструкция сборного ножа, в которой предусмотрено использование сменных перетачиваемых пластин. Кроме того, данная конструкция ножа позволяет использовать режущую платину с двух сторон, что важно, в том числе, с точки зрения сокращения времени, требуемого на балансировку ротора дробилки. При выборе материалов режущей части инструмента применялась новая технология диагностики, использующая в качестве инструмента имитационного воздействия высокоскоростную суспензию, содержащую порошок полимерного композиционного материала (водо-полимерная диагностика). В результате исследований, результаты которых представлены в статье, показали, что и новый метод диагностики, и конструкция ножа имеют перспективы для практического применения. Предложена модель сборного инструмента для утилизации композитов, потенциально обладающая высокими эксплуатационными свойствами. Результаты исследований подтверждаются данными сравнительного анализа различных методов диагностики и прочностными расчетами инструмента.

Ключевые слова: Роторные дробилки, режущий инструмент, ультразвуковая водо-полимерная диагностика, полимерный композиционный материал.

Исследования выполнялись в рамках гранта РФФИ 18-29-18081.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сидоренко П.Д., Карпесъ И.Я. Утилизация композитов: проблемные аспекты и перспективные решения // Технология металлов, 2018, № 2 (77), С. 54–58.
2. Ли Сюэянь, Семашко В.С., Галиновский А.Л., Белов В.А., Абашин М.И., Анализ перспектив применения метода ультразвуковой диагностики для оценки износостойкости биметаллического инструмента // Технология металлов, 2019, №10, С. 41–47.
3. Lahtela, V., Hyvärinen, M., Kärki, T. Composition of plastic fractions in waste streams: Toward more efficient recycling and utilization // Polymers, 2019, №11(1), P. 69.
4. Барейн А.Г. Самозатачивание ножей режущих механизмов из слоистых материалов // Новые перспективные материалы и технологии их получения. Сб. науч. тр. межд. конф. Т. 2. Слоистые композиционные материалы. Волгоград, Гос. Техн. Ун-т, 2004, С. 56–57.
5. Mohammadi, M., Jämsä-Jounela, S.-L., Harjunkski, I. Optimal planning of municipal solid waste management systems in an integrated supply chain network // Computers and Chemical Engineering, 2019, №123, P. 155–169.
6. Ferreira, G.V.B., Barletta, M., Lima, A.R.A. Use of estuarine resources by top predator fishes. How do ecological patterns affect rates of contamination by microplastics // Science of the Total Environment, 2019, №655, P. 292–304.
7. Okan, M., Aydin, H.M., Barsbay, M. Current approaches to waste polymer utilization and minimization: a review // Journal of Chemical Technology and Biotechnology, 2019, № 94(1), P. 8–21.

8. Абашин М.И., Барзов А.А., Галиновский А.Л. Анализ физико–технологических особенностей процесса ультразвуковой диагностики // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия: Естественные науки. 2012, № 6, С. 7.

9. Huysveld, S., Hubo, S., Ragaert, K., Dewulf, J. Advancing circular economy benefit indicators and application on open-loop recycling of mixed and contaminated plastic waste fractions // Journal of Cleaner Production, 2019, №211, P. 1–13.

10. Алифанов А.В., Милукова А.М., Цуран В.В. Разработка импортозамещающих технологий изготовления рубильных ножей и проведение их широкомасштабных диагностики // Труды БГТУ. №2. Лесная и деревообрабатывающая промышленность, 2015, № 2 (175), С. 280–284.

11. Palanikumar K, Karunamoorthy L, Karthikeyan R. Optimal Machining parameters for Achieving Minimal Tool Wear in Turning of GFRP Composites. // Int. J. Manuf. Sci. Prod, 2004, №6(3), P. 119–128.

12. Bochkarev, S.V., Tsaplin, A.I., Galinovskii, A.L., Abashin, M.I., Barzov, A.A. Ultra-Jet Diagnosis of Heat Treated Material Microstructure // Metal Science and Heat Treatment, 2017, №59(5–6), P. 384–388.

13. Using ultrastream diagnostics for evaluating the quality of welded joints Abashin, M.I., Barzov, A.A., Bochkarev, S.V., Galinovskiy, A.L., Maslov, B.G. // Welding International, 2015, №29(9), P. 730–733.

14. Савинов Ю.П., Чернов Н.М., Медведев К.А. Технология изготовления композиционного режущего инструмента. // Технология металлов, 2005, № 10, С. 23–26.

15. Barannikova, S., Li, Y., Zuev, L. Research of the plastic deformation localization of bimetal // Metalurgija, 2018, № 57(4), P. 275–278.

16. Hainsworth, S.V., Delaney, R.J., Ruddy, G.N. How sharp is sharp? Towards quantification of the sharpness and penetration ability of kitchen knives used in stabbings // International Journal of Legal Medicine, 2008, № 122(4), P. 281–291.

17. Konig W, Grab P. Quality definition and assessment in drilling of fibre reinforced thermosets // Annal CIRP.– 1989;38/1.–P.:119–124.

18. Sakuma K., Seto M. Tool wear in cutting glass-fibre-reinforced-plastics (the relation between fibre orientation and tool wear) // Bul.l JSME, 1983, 26(218): P.1420–1427.

19. Bhatnagar N., Ramakrishnan N., Naik N.K, Komanduri R. On the machining of fibre reinforced plastic (FRP) composite laminates // Int. J. Machine Tool Manuf., 1995, №35(5), P.701–716.

20. Реутова Я.И. Совершенствование конструкции роторной дробилки // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова, 2016, № 4, С. 136–139.

Ли Сюэянь

Московский Государственный Технический
Университет имени Н. Э. Баумана
Аспирант МГТУ им. Н.Э. Баумана
105005, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, д 5,стр. 1
Тел. +79255950540
E-mail: lisueyan@yandex.ru

Галиновский Андрей Леонидович

Московский Государственный Технический
Университет имени Н. Э. Баумана
д.т.н., профессор, Зав. кафедрой Технологии ракетно–
космического машиностроения
105005, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, д 5,стр. 1
Тел. +79161580064
E-mail: galcomputer@mail.ru

Абашин Михаил Иванович

Московский Государственный Технический
Университет имени Н. Э. Баумана
к.т.н., доцент кафедры Технологии ракетно–
космического машиностроения МГТУ им. Н.Э.
Баумана,
105005, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, д 5,стр. 1
Тел. +79167524269
E-mail: texhelp@list.ru

Кравченко И.Н.

Российский аграрный университет им.
К.А.Тимирязева
д.т.н., профессор, Российский аграрный университет
им. К.А.Тимирязева
127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49
Тел. +79859940220
E-mail: kravchenko-in71@yandex.ru

X. LI, A.L. GALINOVSKY, M.I. ABASHIN, I.N. KRAVCHENKO

NEW CONSTRUCTION AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR CREATING A TOOL FOR DISPOSAL OF COMPOSITE MATERIALS AND THE METHOD OF THEIR ULTRA-STRY DIAGNOSTICS

Abstract. The article presents the results of two interrelated studies. The first is related to assessing the possibility of using a water-polymer ultrajet as a diagnostic tool for cutting tools for the disposal of plastics. The second is related to the development of a directly new tool design. As a result of research, it was shown that both the method of water-polymer diagnostics and the proposed design of the knife have prospects for practical application. A model of a composite tool for the disposal of composites is proposed, which potentially has high operational properties. The research

results are confirmed by the data of a comparative analysis of various diagnostic methods and strength calculations of the tool.

Keywords: Impact crushers, cutting tools, ultrajet water-polymer diagnostics, polymer composite material.

BIBLIOGRAPHY

1. Sidorenko P.D., Carpesio I.Ya. Utilization of composites: problematic aspects and promising solutions // Metal Technology, 2018, No. 2 (77), p. 54–58.
2. Li Xueyan, Semashko BC, Galinovsky A.L., Belov V.A., Abashin M.I., Analysis of prospects for the use of the ultrasound diagnostic method for assessing the wear resistance of a bimetallic tool // Metal Technology, 2019, No. 10, p. 41–47.
3. Lahtela, V., Hyvärinen, M., Kärki, T. Composition of plastic fractions in waste streams: Toward more efficient recycling and utilization // Polymers, 2019, No. 11 (1), p. 69.
4. Bareyan A.G. Self-sharpening knives of cutting mechanisms from layered materials // New promising materials and technologies for their preparation. Sat scientific tr Int. conf. T. 2. Layered composite materials. Volgograd, State. Tech. Univ., 2004, p. 56–57.
5. Mohammadi, M., Jämsä – Jounela, S.– L., Harjunkoski, I. Optimal planning of municipal solid waste management systems in an integrated supply chain network // Computers and Chemical Engineering, 2019, No. 123, p. 155–169.
6. Ferreira, G.V.B., Barletta, M., Lima, A.R.A. Use of estuarine resources by top predator fishes. How do ecological patterns affect rates of contamination by microplastics // Science of the Total Environment, 2019, No. 655, p. 292–304.
7. Okan, M., Aydin, H. M., Barsbay, M. Current approaches to waste polymer utilization and minimization: a review // Journal of Chemical Technology and Biotechnology, 2019, No. 94 (1), p. 8–21.
8. Abashin M.I., Barzov A.A., Galinovsky A.L. Analysis of physical and technological features of the process of ultra-jet diagnostics // Bulletin of Moscow State Technical University. N.E. Bauman. Series: Natural Sciences. 2012, No. 6, p. 7.
9. Huysveld, S., Hubo, S., Ragaert, K., Dewulf, J. Advancing circular economy benefit indicators and application on open – loop recycling of mixed and contaminated plastic waste fractions // Journal of Cleaner Production, 2019, No. 211, p. 1–13.
10. Alifanov A.V., Milyukova A.M., Tsuran V.V. The development of import-substituting technologies for the manufacture of chopping knives and their large-scale diagnostics // Transactions of BSTU. No. 2. Timber and woodworking industry, 2015, No. 2 (175), p. 280–284.
11. Palanikumar K, Karunamoorthy L, Karthikeyan R. Optimal Machining parameters for Achieving Minimal Tool Wear in Turning of GFRP Composites. // Int. J. Manuf. Sci. Prod, 2004, No. 6 (3), p. 119–128.
12. Bochkarev, S.V., Tsaplin, A.I., Galinovskii, A.L., Abashin, M.I., Barzov, A.A. Ultra – Jet Diagnosis of Heat Treated Material Microstructure // Metal Science and Heat Treatment, 2017, No. 59 (5–6), p. 384–388.
13. Using ultrastream diagnostics for evaluating the quality of welded joints Abashin, M.I., Barzov, A.A., Bochkarev, S.V., Galinovsky, A.L., Maslov, B.G. // Welding International, 2015, No. 29 (9), p. 730–733.
14. Savinov Yu.P., Chernov N.M., Medvedev K.A. Manufacturing technology of composite cutting tools. // Technology of metals, 2005, No. 10, p. 23–26.
15. Barannikova, S., Li, Y., Zuev, L. Research of the plastic deformation localization of bimetal // Metalurgija, 2018, No. 57 (4), p. 275–278.
16. Hainsworth, S.V., Delaney, R.J., Ruddy, G.N. How sharp is sharp? Towards quantification of the sharpness and penetration ability of kitchen knives used in stabbings // International Journal of Legal Medicine, 2008, No. 122 (4), p. 281–291.
17. Konig W, Grab P. Quality definition and assessment in drilling of fiber reinforced thermosets // Annal CIRP.– 1989; 38 / 1. – p. 119–124.
18. Sakuma K., Seto M. Tool wear in cutting glass – fiber – reinforced – plastics (the relation between fiber orientation and tool wear) // Bul.l JSME, 1983, 26 (218): p.1420–1427.
19. Bhatnagar N., Ramakrishnan N., Naik N.K, Komanduri R. On the machining of fiber reinforced plastic (FRP) composite laminates // Int. J. Machine Tool Manuf., 1995, No. 35 (5), p.701–716.
20. Reutova Y.I. Improving the design of the rotor crusher // Bulletin of the Belgorod State Technological University. V.G. Shukhov, 2016, No. 4, p. 136–139.

Li Xueyan

Bauman Moscow State Technical University
Ph.D BMSTU
105005, Moscow, st. 2nd Baumanskaya, 5, p. 1
Tel. +79255950540
E-mail: lisueyan@yandex.ru

Galinovsky Andrey Leonidovich

Bauman Moscow State Technical University
Doctor of Science, Professor, Head of Department SM-12
105005, Moscow, st. 2nd Baumanskaya, 5, p. 1
Tel. +79161580064
E-mail: galcomputer@mail.ru

Abashin Mikhail Ivanovich

Kravchenko I.N.

Bauman Moscow State Technical University
Ph.D., Associate Professor, Department of Rocket
and Space Engineering Mechanical Engineering
105005, Moscow, st. 2nd Baumanskaya, 5, p. 1
Tel. +79167524269
E-mail: lisueyan@yandex.ru

Russian Agrarian University named after K.A. Timiryazev
Doctor of Technical Sciences, Professor, Russian Agrarian
University named after K.A. Timiryazev
127550, Moscow, st. Timiryazevskaya, 49
Tel. +79859940220
E-mail: kravchenko-in71@yandex.ru

УДК 621. 95.08

DOI: 10.33979/2073-7408-2020-342-4-2-33-39

А.С. ДУДАРЕВ, А.В. ПОДВИНЦЕВ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА ПРИ СВЕРЛЕНИИ УГЛЕПЛАСТИКА

Аннотация. В статье рассмотрен вопрос определения крутящего момента, возникающий при сверлении полимерных композиционных материалов – углепластика. Величина крутящего момента при сверлении имеет важное значение, так как по этой величине рассчитывают на прочность детали механизма сверлильного станка, подбирают мощность привода, рассчитывают прочность режущего инструмента. Величины крутящего момента возможно получить разными подходами, например, в ходе натурного эксперимента. Но для натурного эксперимента необходима дорогостоящая силоизмерительная аппаратура в виде динамометрической платформы. Для определения крутящего момента предлагается использовать замер мощности при стабильном режиме сверления, затем величину активной мощности переводить в крутящий момент. Степень близости результатов выполненных измерений измеряемого параметра, близка к результатам полученным по эмпирическим выражениям. Однако ввиду различия методов считать о сходимости результатов крутящего момента не корректно.

Ключевые слова: сверление, крутящий момент, углепластик, режущий инструмент, силы резания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бобров В.Ф. Основы теории резания металлов. – М.: Машиностроение, 1975. – 344 с.
2. Виноградов А.А. Физические основы процесса сверления труднообрабатываемых металлов твердосплавными сверлами / А. А. Виноградов. — Киев: Наук. думка, 1985. — 263 с.
3. Дрожжин В.И. Физические особенности и закономерности процесса резания слоистых пластмасс. Авторефер. дис. ... д-ра техн. наук. – Харьков: ХПИ, 1982. – 32 с.
4. Кравченко Л.С. Исследование процесса сверления слоистых пластмасс. Авторефер. дис. ... канд. техн. наук. – Харьков: ХПИ, 1973. – 19 с.
5. Дударев А.С, Ломаев В.И., Свирищев В.И. Теоретическое определение суммарных сил резания при сверлении полимерных композиционных материалов // Шлифобразив: Матер. научн.–техн. конф. - Волжский: ВИСТех (филиал) ВолгГАСУ «Югаолиграфиздат», 2007. С. 266-268.
6. Леонтьев В.Л. О конечно-элементном моделировании процесса сверления пластины// Системы управления авиастроительным предприятием 16-17 октября 2014: Материалы конференции. - Ульяновск, 2014. С. 1463-1466.
7. Илюшкин М.В., Марковцев В.А., Баранов А.С. Опыт применения инженерного анализа при разработке технологий обработки давлением и механообработки на АО «Ульяновский НИИТ»// Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т. 18, № 4(3), 2016 – с. 557-563.
8. Heisel, U.; Krivoruchko, D. V.; Zalloha, W. A.; Storchak, M.; Stehle, T.: Die FEM-Modellierung als moderner Ansatz zur Untersuchung von Zerspanprozessen. In: ZWF - Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Jg. 104 (2009), H. 7-8, S. 603–616.
9. V.A. Phadnis, F. Makhdum, A. Roy and V.V. Silberschmidt, Drilling in carbon/epoxy composites: Experimental investigations and finite element implementation, Composites Part A: Applied Science and Manufacturing 47 (2013), Pp. 41-51.
10. Житник Н.И. Справочник по обработке пластмасс / Н. И. Житник, М. А. Герасько и др. - Киев: Техника, 1988. – 160 с.
11. Штучный Б.П. Обработка пластмасс резанием. Справ. пособие. М.: Машиностроение, 1974. - 145 с.
12. Степанов А. А. Обработка резанием высокопрочных композиционных полимерных материалов. – Ленинград: Машиностроение, 1987. -176 с.
13. Дударев А.С. Повышение эффективности и качества обработки отверстий на основе стабилизации процесса сверления изделий из полимерных композиционных материалов. Авторефер. дис. ...канд. техн. наук. – Пермь: ПГТУ, 2009. – 20 с.

14. Цыплаков О.Г. Научные основы технологии композиционно-волоконистых материалов. Часть 1. Пермь: Пермское книжное изд-во, 1974. - 316 с.

Дударев Александр Сергеевич
ФГБОУ ВО Пермский национальный
исследовательский политехнический университет
(ПНИПУ), г. Пермь
Кандидат технических наук, доцент кафедры
«Инновационные технологии машиностроения»
614990, г. Пермь, Комсомольский проспект, 29
Тел. 8 (342)239-15-08
E-mail: fanta88@mail.ru

Подвинцев Александр Викторович
ФГБОУ ВО Пермский национальный
исследовательский политехнический университет
(ПНИПУ), г. Пермь
Аспирант кафедры
«Инновационные технологии машиностроения»
614990, г. Пермь, Комсомольский проспект, 29
Тел. 8 (342)219-82-36
E-mail: podvintsev_ktn@mail.ru

A.S. DUDAREV, A.V. PODVINTSEV

DETERMINING TORQUE WHEN DRILLING CARBON FIBER

Abstract. *The article considers the issue of the definition of torque, which occurs when drilling polymer composite materials - carbon fiber. The amount of torque during drilling is important, as this size counts on the strength of the part of the drilling machine mechanism, pick up the power of the drive, calculate the strength of the cutting tool. The torque values can be obtained by different approaches, for example, during a natural experiment. But a natural experiment requires expensive force measuring equipment in the form of a dynamometric platform. To determine the torque, it is proposed to use a power measurement in a stable drilling mode, then the amount of active power to translate into torque. The degree of proximity of the results of the measurements of the measured parameter is close to the results obtained by empirical expressions. However, due to the differences in methods, it is not correct to consider the convergence of torque results.*

Keywords: *drilling, torque, carbon fiber, cutting tools, cutting forces.*

BIBLIOGRAPHY

1. Bobrov V.F. Osnovy teorii rezaniya metallov. – M.: Mashinostroyeniye. 1975. – 344 s.
2. Vinogradov A.A. Fizicheskiye osnovy protsessa sverleniya trudnoobrabatyvayemykh metallov tverdospлавnymi sverlami / A. A. Vinogradov. — Kiyev: Nauk. dumka. 1985. — 263 s.
3. Drozhzhin V.I. Fizicheskiye osobennosti i zakonomernosti protsessa rezaniya sloistykh plastmass. Avtorefer. dis. ...d-ra tekhn. nauk. – Kharkov: KhPI. 1982. – 32 s.
4. Kravchenko L.S. Issledovaniye protsessa sverleniya sloistykh plastmass. Avtorefer. dis. ... kand. tekhn. nauk. – Kharkov: KhPI. 1973. – 19 s.
5. Dudarev A.S. Lomayev V.I.. Svirshchev V.I. Teoreticheskoye opredeleniye summarnykh sil rezaniya pri sverlenii polimernykh kompozitsionnykh materialov // Shlifabraziv: Mater. nauchn.-tekhn. konf. - Volzhskiy: VISTekh (filial) VolgGASU «Yugaoligrafizdat». 2007. S. 266-268.
6. Leontyev V.L. O konechno-elementnom modelirovanii protsessa sverleniya plastiny// Sistemy upravleniya aviastroitelnym predpriyatiyem 16-17 oktyabrya 2014: Materialy konferentsii. - Ulianovsk. 2014. S. 1463-1466.
7. Ilyushkin M.V.. Markovtsev V.A.. Baranov A.S. Opyt primeneniya inzhenerenogo analiza pri razrabotke tekhnologiy obrabotki davleniyem i mekhanooobrabotki na AO “Ulianovskiy NIAT”// Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk. t. 18. № 4(3). 2016 – s. 557-563.
8. Heisel, U.; Krivoruchko, D. V.; Zaloha, W. A.; Storchak, M.; Stehle, T.: Die FEM-Modellierung als moderner Ansatz zur Untersuchung von Zerspanprozessen. In: ZWF - Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Jg. 104 (2009), H. 7-8, S. 603–616.
9. V.A. Phadnis, F. Makhdom, A. Roy and V.V. Silberschmidt, Drilling in carbon/epoxy composites: Experimental investigations and finite element implementation, Composites Part A: Applied Science and Manufacturing 47 (2013), Pp. 41-51.
10. Zhitnik N.I. Spravochnik po obrabotke plastmass / N. I. Zhitnik. M. A. Gerasko i dr. - Kiyev: Tekhnika. 1988. – 160 s.
11. Shtuchnyy B.P. Obrabotka plastmass rezaniyem. Sprav. posobiye. M.: Mashinostroyeniye. 1974. - 145 s.
12. Stepanov A. A. Obrabotka rezaniyem vysokoprochnykh kompozitsionnykh polimernykh materialov. – Leningrad: Mashinostroyeniye. 1987. -176 s.
13. Dudarev A.S. Povysheniye effektivnosti i kachestva obrabotki otverstiy na osnove stabilizatsii protsessa sverleniya izdeliy iz polimernykh kompozitsionnykh materialov. Avtorefer. dis. ...kand. tekhn. nauk. – Perm: PGU. 2009. – 20 s.

14. Tsyplakov O.G. Nauchnyye osnovy tekhnologii kompozitsionno-voloknistykh materialov. Chast 1. Perm: Permskoye knizhnoye izdatelstvo. 1974. - 316 s.

Dudarev Aleksandr Sergeevich

”Perm National Research Polytechnics University”
(PNRPU), Perm
PhD in Engineering sciences, associate Professor of the
Department ”Innovative engineering technologies”
29 Komsomolsky prospect, Perm, 614990
Ph.: 8 (342)239-15-08
E-mail: fanta88@mail.ru

Podvitsev Aleksandr Victorovich

”Perm National Research Polytechnics
University” (PNRPU), Perm
PhD student of the Department
”Innovative engineering technologies”
29 Komsomolsky prospect, Perm, 614990
Ph.: 8 (342)219-82-36
E-mail: podvintsev_ktn@mail.ru

УДК 621.9

DOI: 10.33979/2073-7408-2020-342-4-2-40-49

Е.А. ЗВЯГИНА, М.Ф. СЕЛЕМЕНЕВ, В.С. КОВАЛЕВА, К.В. ЛЕВШИНА, Е.М. МИНАЕВА

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ТОНКОПЛЕНОЧНОГО ПОКРЫТИЯ НА ПРОЦЕСС ТЕПЛООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ

Аннотация. Статья посвящена одному из перспективных методов увеличения проникающей способности СОТС в зону контактного взаимодействия инструмента и заготовки и соответственно повышения эксплуатационных характеристик стойкости инструмента с помощью нанесения на рабочую поверхность фторсодержащих поверхностно – активных веществ (ФТОР-ПАВ) из растворов эпиламов. Проведены трибологические испытания с использованием специальной установки, где условия испытаний приближены к условиям, характерным для процесса сверления. На основе результатов эксперимента установлено, что эффективность применения эпиламирования напрямую зависит от скорости резания, определяющей температуру в зоне контакта.

Ключевые слова: Сверла, трибологические испытания, температура, коэффициент трения, пленки эпилама.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грановский Г.И., Грановский В.Г. Резание металлов: Учебник для машиностр. и приборостр. спец. вузов. М., Высш. Шк., 1985. С. 304:ил.
2. Андреева О.Г., Романова Н.А., Синюгина Л.А. Эффективное применение эпиламов в различных областях техники. ЭП/ТОМ. 2002. №4. С.56-57
3. Годлевский В.А. Повышение эффективности и качества обработки материалов резанием путем управления смазочным действием СОТС. Дис. д-ра техн. наук. Иваново. 1995. С.556: ил.
4. Нагачева Т.И. Термоэлектрический метод определения температуры в зоне резания и влияние на результаты неоднородностей режущей кромки и поверхности обрабатываемого изделия. Известия Орел ГТУ, серия «Машиностроение. Приборостроение». 2004. №3. С.40-42

Звягина Елена Александровна

Орловский государственный университет
имени И.С. Тургенева (Ливенский филиал), кандидат
технических наук
Тел: +79155056212
zeam@yandex.ru

Селеменев Михаил Федорович

Орловский государственный университет
имени И.С. Тургенева, кандидат технических
наук, доцент кафедры машиностроения
Тел: +79102670717
Selemenев2007@yandex.ru

Ковалева Вера Сергеевна

Орловский государственный университет
имени И.С. Тургенева, магистр

Левшина Кристина Вадимовна

Орловский государственный университет
имени И.С. Тургенева, студентка
kristinal7@yandex.ru

Минаева Екатерина Михайловна

Орловский государственный университет
имени И.С. Тургенева, студентка
katua.minaeva@yandex.ru

Е.А. ZVYAGINA, M.F. SELEMENEV, V.S. KOVALEVA, K.V. LEVSHINA, E.M. MINAEVA

STUDIES OF THE INFLUENCE OF THIN FILM COATING

ON THE HEAT FORMATION PROCESS DURING PROCESSING

Abstract. The article is devoted to one of the promising methods of increasing the penetrating ability of COTS into the zone of contact interaction between the tool and the workpiece and, accordingly, increasing the operational characteristics of the tool life by applying fluorine-containing surface-active substances (fluorine-surfactant) from epilam solutions to the working surface. Tribological tests were carried out using a special installation, where the test conditions are close to the conditions characteristic of the drilling process. Based on the results of the experiment, it was found that the effectiveness of epilating directly depends on the cutting speed, which determines the temperature in the contact zone.

Keywords: Drills, tribological tests, temperature, coefficient of friction, epilame films.

BIBLIOGRAPHY

1. Granovsky G.I., Granovsky V.G. Metal Cutting: A Textbook for Engineering and instrumentation. specialist. universities. M., Higher. Shk., 1985. P. 304: ill.
2. Andreeva O.G., Romanova N.A., Sinyugina L.A. The effective use of epilams in various fields of technology. EP / TOM. 2002. No4. S.56-57
3. Godlevsky V.A. Improving the efficiency and quality of material processing by cutting by controlling the lubricating effect of COTS. Dis. Dr. tech. sciences. Ivanovo 1995. S. 566: ill.
4. Nagacheva T.I. Thermoelectric method for determining the temperature in the cutting zone and the effect on the results of inhomogeneities of the cutting edge and surface of the workpiece. Izvestia Orel State Technical University, a series of "Engineering. Instrumentation. " 2004. No3. S.40-42

Zvyagina Elena Alexandrovna

Oryol State University
named after I.S. Turgeneva (Liven branch), candidate of
technical sciences
Tel: +79155056212
zeam@yandex.ru

Selemenev Mikhail Fedorovich

Oryol State University
named after I.S. Turgeneva, candidate of technical
sciences, associate professor of mechanical engineering
Tel: +79102670717

Kovaleva Vera Sergeevna

Oryol State University
named after I.S. Turgenev, master

Levshina Kristina Vadimovna

Oryol State University
named after I.S. Turgeneva, student
kristinal7@yandex.ru

Minaeva Ekaterina Mikhailovna

Oryol State University
named after I.S. Turgeneva, student
katua.minaeva@yandex.ru

УДК 621.9

DOI:10.33979/2073-7408-2020-342-4-2-50-54

Е.А. ЗВЯГИНА, М.Ф. СЕЛЕМЕНЕВ, В.С. КОВАЛЕВА, К.В. ЛЕВШИНА, Е.М. МИНАЕВА

ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ ИНСТРУМЕНТА ЗА СЧЕТ НАНЕСЕНИЯ НА РАБОЧИЕ ПОВЕРХНОСТИ ФТОРИРОВАННЫХ ПАВ

Аннотация. Статья посвящена повышению стойкости режущего инструмента за счет нанесения на его рабочие поверхности фторированных ПАВ из растворов эпиламов. В ходе испытаний различного режущего инструмента с покрытием эпилама установлено, что эпиламирование способствует повышению стойкости режущего инструмента.

Ключевые слова: сверла, стойкость, пленки эпилама.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кирсанов С.В., Гречишников В.А., Схиртладзе А.Г., Кокарев В.И. Инструменты для обработки точных отверстий. 2-е изд., исправл. И доп. (серия «Библиотека инструментальщика»). М.: Машиностроение. 2005. С.336:ил.
2. Гулянский Л.Г. Применение эпиламирования для повышения износостойкости изделий. Трение и износ 1992, Том 13, №4 С.695-701
3. Ганцевич И.Б., Гудимова Ф.Н., Широченко В.М. Эпиламы многоразового действия. Сборник научных трудов. М.: НИИ Часпром. 1973. С.145-151
4. Ганцевич И.Б., Лях Ф.В., Хандельсман Ю.М., и др. Применение тонких полимерных пленок в часовых механизмах. Повышение качества приборов времени. Сборник научных трудов. М.: НИИ Часпром. 1984. С.171
5. Латышев В.Н. Исследование механо-химических процессов и эффективности применения смазочных сред при трении и обработке металлов. Дис. д-ра техн. наук. Иваново. 1974. С.409: ил.

6. Табаков В.П., Николаев Ю.Н., Журавский С.А. Повышение работоспособности инструмента из быстрорежущей стали. Физикохимия процесса резания металлов, Межвузовский сб. Чебоксары, ЧГУ. 1986. С.136:ил.

Звягина Елена Александровна

Орловский государственный университет
имени И.С. Тургенева (Ливенский филиал), кандидат
технических наук
Тел: +79155056212
zeam@yandex.ru

Ковалева Вера Сергеевна

Орловский государственный университет
имени И.С. Тургенева, магистр

Минаева Екатерина Михайловна

Орловский государственный университет
имени И.С. Тургенева, студентка
katua.minaeva@yandex.ru

Селеменев Михаил Федорович

Орловский государственный университет
имени И.С. Тургенева, кандидат технических
наук, доцент кафедры машиностроения
Тел: +79102670717
Selemenев2007@yandex.ru

Левшина Кристина Вадимовна

Орловский государственный университет
имени И.С. Тургенева, студентка
kristinal7@yandex.ru

E.A. ZVYAGINA, M.F. SELEMENEV, V.S. KOVALEVA, K.V. LEVSHINA, E.M. MINAEVA

**INCREASING THE STABILITY OF THE TOOL AT THE EXPENSE
OF APPLICATION TO THE WORKING SURFACES
OF FLUORATED SURFACES**

Abstract. *The article is devoted to increasing the resistance of the cutting tool by applying fluorinated surfactants from epilam solutions to its working surfaces. During tests of various cutting tools with epilam coating, it was found that epilating improves the durability of the cutting tool.*

Keywords: *Drills, resistance, epilame films.*

BIBLIOGRAPHY

1. Kirsanov S.V., Grechishnikov V.A., Skhirtladze A.G., Kokarev V.I. Precision Hole Tools. 2nd ed., Rev. And add. (series "Toolmaker's library). M.: Engineering. 2005. P.336: ill.
2. Gulyansky L.G. The use of epilating to increase the wear resistance of products. Friction and Nose 1992, Volume 13, No. 4 P.695-701
3. Gantsevich I. B., Gudimova F. N., Shirochenkova V. M. Epilame of reusable action. Collection of scientific papers. M.: NII Chasprom. 1973. S. 145-151
4. Gantsevich IB, Lyakh F.V., Handelsman Yu.M., et al. Application of thin polymer films in clockworks. Improving the quality of time devices. Collection of scientific papers. M.: NII Chasprom. 1984. P.171
5. Latyshev V.N. The study of mechanochemical processes and the effectiveness of the use of lubricating media in friction and metal processing. Dis. Dr. tech. sciences. Ivanovo 1974. S. 409: ill.
6. Tabakov V.P., Nikolaev Yu.N., Zhuravsky S.A. Improving the performance of high speed steel tools. Physicochemistry of the process of metal cutting, Interuniversity collection. Cheboksary, ChSU. 1986. P.136: ill.

Zvyagina Elena Alexandrovna

Oryol State University
named after I.S. Turgeneva (Liven branch), candidate of
technical sciences
Tel: +79155056212
zeam@yandex.ru

Kovaleva Vera Sergeevna

Oryol State University
named after I.S. Turgenev, master

Minaeva Ekaterina Mikhailovna

Oryol State University
named after I.S. Turgeneva, student
katua.minaeva@yandex.ru

Selemenев Mikhail Fedorovich

Oryol State University
named after I.S. Turgeneva, candidate of technical
sciences, associate professor of mechanical engineering
Tel: +79102670717
Selemenев2007@yandex.ru

Levshina Kristina Vadimovna

Oryol State University
named after I.S. Turgeneva, student
kristinal7@yandex.ru

Л.И. КУКСЕНОВА, Д.А. КОЗЛОВ

ЛЕГИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ СТАЛИ 30ХГСН2А ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЕЁ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Аннотация. Представлены результаты оценки износа образцов модельной одноименной пары трения из легированной стали 30ХГСН2А после ионно-лучевой обработки и сухого трения в условиях тяжелоагрессивного контакта. Показано, что в установившемся режиме трения износостойкость стали в результате имплантации ионов меди при дозе облучения 10^{17} ион/см² и $5 \cdot 10^{17}$ ион/см² повышается в 2 и 1,5 раза соответственно. Обсуждается механизм «эффекта дальнего действия» в ионно-легированных конструкционных материалах в условиях контактной деформации.

Ключевые слова: узлы трения, легирование поверхности, ионная имплантация, эффект дальнего действия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кужаров А.С., Бурлакова В.Э., Задощенко Е.Г., Кужаров А.А., Бурлов А.С., Ураев А.И., Кравчик К., Гарновский А.Д. Триботехнические возможности координационных соединений меди при трении бронзы по стали // Трение и износ. – 2005. – Т.26. – №6. С.628 – 637.
2. Куксенова Л.И., Герасимов С.А., Лаптева В.Г. Износостойкость конструкционных материалов. М.: изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2011. 237 с.
3. Девоино О.Г., Кардаполова М.А., Чаус А.С. Повышение износостойкости газотермических покрытий из бронзы БрА7Н6Ф лазерным легированием // МиТОМ. – 2012. – №3. С.40 – 45.
4. Куксенова Л.И., Козлов Д.А. Триботехнические свойства бронзовых покрытий, нанесенных на конструкционную сталь электроискровым легированием. Труды XXI международной научно-практической конференции «Металлургия: технологии, инновации, качество. Металлургия – 2019». Новокузнецк, Изд. центр СибГИУ. Часть 2. 2019. С.294 – 300.
5. Герасимов С.А., Куксенова Л.И., Лаптева В.Г. Структура и износостойкость азотированных конструкционных сталей и сплавов. – М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2014. 518 с.
6. Никитин А.А., Травина Н.Т., Гусева М.И. Структурно-фазовые превращения и профили распределения при имплантации ионов азота и бора в стали // Поверхность: Физика, химия, механика. – 1988. – №7. – С.101 – 107.
7. Ling G., Zhang G., Li H. X-ray diffraction analysis of nitrogen implanted surface layers of iron and steel // Nucl. Instrum. and Meth. Phys. Res. B. - 1987. – 22. -№ 4. – P.504 – 508.
8. Сулима А.М., Шулов В.А., Ягодкин Ю.Д. Поверхностный слой и эксплуатационные свойства деталей машин. М.: Машиностроение, 1988. 240 с.
9. Kozubowski J.A., Zielinski W., Gawlik G. TEM studies of nitrogen in surface-treated and implanted 12% chrom steel // Mater. Sci. and Eng. – 1988. – 100. – P. 161 – 167.
10. Singer I.L., Bolster R. N., Pollock H.M. Polishing wear behavior and surface hardness of ion-beam-modified Ti-6Al-4V // Surf. And Coat. Technol. – 1988. – V. 36. – P. 531 – 540.
11. Диденко А.И., Лигачев А.Е., Козлов Э.В. Структурные изменения глубинных слоев материалов после модификации ионными пучками и природа его упрочнения // Докл. АН СССР. – 1987. – 296. - №4. – С. 869 – 871.
12. Величко Н.И., Удовенко В.Ф., Маркус А.М. Влияние имплантации азота на коэффициент трения инструментальной стали // Трение и износ. – 1989. – Т. 10. – № 1. С. 164 – 166.

Куксенова Лидия Ивановна
ИМАШ им.А.А.Благоднарова РАН
Д.т.н., проф., гл.н.с., зав.лаб.
8-910-426-08-56
lkukc@mail.ru

Козлов Дмитрий Александрович
ИМАШ им.А.А.Благоднарова РАН
к.т.н., н.с.
8-916-823-58-39
koslov74@mail.ru

L.I. KUKSENOVA, D.A. KOZLOV

ALLOYING THE SURFACE OF STEEL 30KHGSN2A TO INCREASE ITS TRIBOLOGICAL CHARACTERISTICS

Abstract. The results of evaluating the wear of samples of the model of the same name pair of friction from alloy steel 30KhGSN2A after ion beam treatment and dry friction under conditions of heavy contact are presented. It was

shown that in the steady state friction, the wear resistance of steel as a result of implantation of copper ions at an irradiation dose of 10^{17} ion / cm^2 and $5 \cdot 10^{17}$ ion / cm^2 increases by 2 and 1.5 times, respectively. The mechanism of the «long-range effect» in ion-doped structural materials under conditions of contact deformation is discussed.

Keywords: friction units, surface alloying, ion implantation, long-range effect.

BIBLIOGRAPHY

1. Kuzarov A.S., Burlakova V.E., Zadoshenko E.G., Kuzarov A.A., Burlov A.S., Uraev A.I., Kravczik K., Garnovskiy A.D. Tribotechnicheskie vozmozhnosti koordinazionnix soedineniy medi pri treniibronzi po stali//Trenie I iznos. – 2005. - T.26/ - №6. – S.628 – 637/
2. Kuksenova L.I., Gerasimov S.A., Lapteva V.G. Iznosostoičnost konstruktsionnich materialov. M.: izd-vo MGTU im. N.E. Bauman, 2011.237 s.
3. Devoino O.G., Kardapolova M.A., Chaus A.S. Povishenie iznosostoičnosti gazotermisheskich pokritii iz bronzi BrA7N6F lazernim legirovaniem//MiTOM. – 2012. - №3. S.40 – 45.
4. Kuksenova L.I., Kozlov D.A. Tribotechnicheskie svoystva bronzovich pokritii, nanesennich na konstrukcionnyu stal elektroiskrovim legirovaniem. Trudi XX1 mezhdunarodnoi nauthno-praktitheskoj konferenzii «Metallurgia: tehnologii, innovazii, kachestvo. Metallurgia – 2019». Novokuzneshk, Bsd. Centr SibGIU. Chast 2. 2019. S.294 – 300.
5. Gerasimov S.A., Kuksenova L.I., Lapteva V.G. Structura I iznosostoičnost asotirovannich konstruktsionnich stalei I splavov. – M.:izd-vo MGTU im.Bauman, 2014. 518 s.
6. Nikitin A.A., Travina N.T., Guseva M.I. Strukturno-fazovie prevrachenia I profilira raspredeleniya pri implantazii ionov azota I bora v stali// Poverchnost: Fizika, chimiya, mehanika. – 1988. - №7. – S.101 – 107.
7. Ling G., Zhang G., Li H. X-ray diffraction analysis of nitrogen implanted surface layers of iron and steel // Nucl. Instrum. and Meth. Phys. Res. B. - 1987. – 22. -№ 4. – P.504 – 508.
8. Sulima A.M., Shsulov V.A., Yagodka Yu.D. Poverchnostnii sloi I ekspluatatsionnie svoystva detalei mashin. M.: Mashinostroenie, 1988. 240 s.
9. Kozubowski J.A., Zielinski W., Gawlik G. TEM studies of nitrogen in surface-treated and implanted 12% chrom steel // Mater. Sci. and Eng. – 1988. – 100. – P. 161 – 167.
10. Singer I.L., Bolster R. N., Pollock H.M. Polishing wear behavior and surface hardness of ion-beam-modified Ti-6Al-4V // Surf. And Coat. Technol. – 1988. – V. 36. – P. 531 – 540.
11. Didenko A.I., Ligachsev A.E., Kozlov E.V. Strukturnie izmeneniya glubinnich sloev materialov posle modifikazii ionnimi puchskami I priroda ego uproshneniya//Dokl.AN SSSR. -1987. – 296. - №4. – S. 869 – 871.
12. Velishko N.I., Udovenko B.F., Markus A.M. Vliyanie implantazii azota na koeffisient treniya instrumentalnoi stali//Trenie I iznos. – 1989. – T.10. -№1. S. 164 – 166.

Kuksenova Lidia Ivanovna

IMASH named after A.A. Blagonravov
D.of Tech.S.,prof. Chief res., Head of lab
8-910-426-08-56
lkuks@mail.ru

Kozlov Dmitry Alexandrovich

IMASH named after A.A. Blagonravov
Ph.D. scientist
8-916-823-58-39
koslov74@mail.ru

УДК 621.983

DOI: 10.33979/2073-7408-2020-342-4-2-61-67

В.Ю. ЛАВРИНЕНКО, А.О. ПОЛЯКОВ

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ТИПА «КОЛЬЦО» СЖАТИЕМ

Аннотация. В результате проведенных ранее экспериментальных и теоретических исследований разработана методика проектирования технологических процессов изготовления деталей типа «кольцо» сжатием овальных заготовок, применение которой обеспечивает существенную экономию металла и повышение коэффициента использования материала (КИМ). Приведен пример расчета конкретного процесса штамповки кольцевой детали методом сжатия.

Ключевые слова: листовая штамповка, овальная заготовка, метод сжатия, кольцевая деталь, КИМ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент на полезную модель РФ № 144991. Устройство для изготовления плоских колец / Семенов Е.И., Лавриненко В.Ю., Айрапетян А.С., Демин М.В., Ястребов Е.И. опублик. 10.09.2014. Бюл. № 25.
2. Семенов Е.И., Айрапетян А.С., Демин М.В. Штамповка колец методом одновременного сжатия двух или более заготовок // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2015. №6-1. С. 296-303.
3. Vladislav Lavrinenko, Anastasiya Polyakova, Artyom Polyakov. Analysis of the applicability of die pressing method for ring-shaped parts fabrication // MATEC Web of Conferences 224, 02074 (2018).
4. V. Yu. Lavrinenko, A.O.Polyakov, T.A. Mirvelyan. Development of the stamp design for ring-shaped parts manufacturing by compression method// Materials Today: Proceedings, Volume 19, Part 5, 2019, Pages 2106-2108.

Лавриненко Владислав Юрьевич

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана
Доктор технических наук, заведующий кафедрой
«Технология обработки материалов»
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., 5, стр.1
Тел.: +7 (499) 267-02-36
E-mail: vlavrinenko@bmstu.ru

Поляков Артем Олегович

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана
Аспирант кафедры «Технология обработки материалов»
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., 5, стр.1
Тел.: +7 (499) 267-02-36
E-mail: vlavrinenko@bmstu.ru

V.Yu. LAVRINENKO, A.O. POLYAKOV

DEVELOPMENT OF THE METHOD OF DESIGN OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF MANUFACTURING OF RING-SHAPED PARTS BY COMPRESSION

Abstract. The method has been developed for designing of technological processes for manufacturing of parts of the “ring” type by compressing of the oval blanks as a result of previous experimental and theoretical studies. The use of this method provides significant metal savings and an increase in the material utilization factor. The example of developing of technological process of stamping of ring detail by compression is presented.

Keywords: stamping; oval workpiece; compression; ring; metal utilization factor.

BIBLIOGRAPHY

1. Ustrojstvo dlya izgotovleniya ploskih kolec / E.I.Semenov, V.YU. Lavrinenko, A.S.Ajrapetyan, M.V.Demin, E.I. Yastrebov: pat. 144991 Ros. Federaciya. Opubl. 10.09.2014. Byul. № 25.
2. E.I.Semenov, A.S.Ajrapetyan, M.V.Demin. Shampovka kolec metodom odnovremennogo szhatiya dvuh ili bolee zagotovok // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskienauki. 2015. №6-1. S. 296-303.
3. Vladislav Lavrinenko, Anastasiya Polyakova, Artyom Polyakov. Analysis of the applicability of die pressing method for ring-shaped parts fabrication. MATEC Web of Conferences. 224, 02074 (2018).
4. V. Yu. Lavrinenko, A.O.Polyakov, T.A. Mirvelyan. Development of the stamp design for ring-shaped parts manufacturing by compression method// Materials Today: Proceedings, Volume 19, Part 5, 2019, Pages 2106-2108.

Lavrinenko Vladislav Yurievich

Bauman Moscow State Technical University
Doctor of Tech. Science, Chief of Department
«Technology of material working»
105005, Moscow, 2-ya Baumanskaya, 5
Tel.: +7 (499) 267-02-36
E-mail: vlavrinenko@bmstu.ru

Polyakov Artem Olegovich

Bauman Moscow State Technical University
Post-graduate of Department «Technology of material working»
105005, Moscow, 2-ya Baumanskaya, 5
Tel.: +7 (499) 267-02-36
E-mail: vlavrinenko@bmstu.ru

УДК 621.77.24

DOI: 10.33979/2073-7408-2020-342-4-2-68-71

Д.А. ЛЕБЕДЕВА

ВАРИАНТЫ ТЕЧЕНИЯ МЕТАЛЛА ПРИ ВЫДАВЛИВАНИИ СТАКАНОВ С КОНИЧЕСКИМ ДНОМ

Аннотация. В статье обоснована актуальность проведенного исследования, рассмотрены различные возможные варианты протекания процесса комбинированного выдавливания стаканов с коническим дном. Указаны результаты проведенных экспериментальных исследований, подтверждающих высокую эффективность предлагаемого способа штамповки.

Ключевые слова: объемная штамповка, комбинированное выдавливание, металлический стакан с конической донной частью, напряжения, деформации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Болотин Д. Н. История советского стрелкового оружия и патронов. С.-П.: Полигон. 1995. 303 с.
2. Волковский Н. Л. Энциклопедия современного оружия и боевой техники. Том 2. С.-П.: Полигон. 1997. 582 с.
3. Холодная объемная штамповка. Справочник / Под ред. Г. А. Навроцкого. М.: Машиностроение. 1973. 496 с.
4. Фельдман Г. Д. Холодное выдавливание стальных деталей. М.: Машгиз. 1963. 188 с.
5. Ковка и штамповка. Справочник / Под ред. Е. И. Семенова. М.: Машгиз. 1963. 1144 с.
6. Воронцов А. Л. Теория штамповки выдавливанием. М.: Машиностроение. 2004. 721 с.
7. Воронцов А. Л. Теория и расчеты процессов обработки металлов давлением. Учебное пособие для вузов. Том 2. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2014. 441 с.
8. А.с. № 1238877 (СССР), МКИ В 21 К 21/00. Способ изготовления деталей типа стаканов и устройство для его осуществления / Воронцов А.Л. Опубл. 23.06.86, Бюл. № 23.
9. Отечественное развитие и решение проблемы штамповки полых деталей цилиндрической формы, имеющих конический придонный участок / А.М. Дмитриев, Н.В. Коробова, Н.С. Толмачев, А.Ю. Аксененко // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. Вып. 10. Ч. 2. 2014. С. 3-18.
10. Овчинников А. Г. Основы теории штамповки выдавливанием на прессах. М.: Машиностроение. 1983. 200 с.
11. Сторожев М. В., Попов Е. А. Теория обработки металлов давлением. М.: Машиностроение. 1977. 423 с.

Лебедева Дарья Александровна

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Ассистент, кафедра «Технология обработки материалов»

105005, Москва, 2-я Бауманская ул., 5, стр.1

Тел.: +7 (499) 267-17-71

E-mail: daria.tyalina@mail.ru

D.A. LEBEDEVA

THE STUDY OF THE COMBINED EXTRUSION OF GLASSES WITH A CONICAL BOTTOM PART

Abstract. The article substantiates the relevance of the research, various possible options for the process of combined extrusion of glasses with a conical bottom are considered. The results of experimental studies.

Keywords: die forging, combined extrusion, metal cup with a conical bottom, strainings, deformations.

BIBLIOGRAPHY

- 1 Bolotin D.N. Istoriya sovetskogo strelkovogo oruzhiya I patronov. S.-P.: Polygon. 1995. 303 p.
2. Volkovskiy N.L. Inciklopediya sovremennogo oruzhiya I boyevoy techniki. Part 2. S.-P.: Polygon. 1997. 582 p.
3. Navrockiy G.A. Holodnaya obyemnaya shtampovka. M.: Mashinostroenie. 1973. 496 p.
4. Feldman G.D. Holodnoye vydavlivanie stalnyh detaley. M.: Mashgiz. 1963. 188 p.
5. Semenov E.I. Kovka i shtampovka M.: Mashgiz. 1963. 1144 p.
6. Voroncov A. L. Teoriya shtampovki vydavlivaniem. M.: Mashinostroenie. 2004. 721 p.
7. Voroncov A. L. Teoriya i raschety processov obrabotki metallov davleniem. Part 1. M.: BMSTU. 2014. 396 p.
8. Voroncov A. L. Sposob izgotovleniya detaley tipa stakanov I ustroystvo dlya ego osushestvleniya. Copyright certificate № 1238877 (USSR).
9. Dmitriev A.M. Korobova N.V. Tolmachev N.S. Akseenenko A.Y. Otechestvennoye razvitiye I resheniye problem shtampovki polyh detaley cilindricheskoy formy, imeyushih konicheskiy pridonnnyy uchastok. Izvestiya Tulsogo gosudarstvennogo universiteta. Technicheskiye nauki № 10 part 2 2014 3-8 p.
10. Ovchinnikov A.G. Osnovy teorii shtampovki vydavlivaniem na pressah. M.: Mashinostroenie. 1983. 200 p.
11. Storozhev M.V. Popov E.A. Teoriya obrabotki metallov davleniem. M.: Mashinostroenie. 1977. 423 p.

Lebedeva Daria Alexandrovna

Bauman Moscow State Technical University

Assistant, the department «Technology of material working»

105005, Moscow, 2-ya Baumanskaya, 5
Tel.: +7 (499) 267-17-71
E-mail: daria.tyalina@mail.ru

УДК 665.6/.7

DOI: 10.33979/2073-7408-2020-342-4-2-72-77

А.А. МУХАМЕДЗЯНОВА, И.А. ИХСАНОВ, А.А. АСЫЛГАРЕЕВ

ВОЛОКНООБРАЗУЮЩИЕ СВОЙСТВА НЕФТЯНЫХ ПЕКОВ

Аннотация. Показана актуальность использования и необходимость получения углеродных волокон и материалов на их основе отечественного нефтяного сырья. Представлены результаты исследований физико-химических и волокнообразующих свойств пеков из тяжелой смолы пиролиза с установки получения этилена и асфальтита гудрона западно-сибирской нефти. Экспериментально показана возможность получения пековых волокон. Пеки с температурой размягчения 170-220 °C в температурном интервале 220-300 °C способны образовывать из расплава непрерывные нити диаметром 8-42 мкм и стабильно формируются при максимальной скорости вытягивания нити 6,5-10,6 м/с. При изучении волокнообразующей способности нефтяных пеков определено влияние температуры размягчения на максимальную скорость формования пековых волокон, удельное число наплывов на волокне. Обнаружены оптимальные для формуемости пекового волокна значения вязкости расплава и температуры размягчения пеков. Определена зависимость максимальной скорости вытягивания нити от содержания в пиролизных пеках компонентов, нерастворимых в толуоле.

Ключевые слова: тяжелая смола пиролиза, асфальтены, гудрон, пеки, пековое волокно, формуемость, температура размягчения, содержание карбенов, количество наплывов, скорость формования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Morgan P. Carbon fibers and their composites. London/Taylor and Francis. 2005. 1166 p.
2. Мухамедзянова А.А., Хайбуллин А.А., Фаткуллин М.Р., Гимаев Р.Н., Получение нефтяных волокнообразующих пеков методом термополиконденсации тяжелой смолы пиролиза. Кокс и химия, №3, 2012, С.28-31.
3. Анализ потребления углеродных волокон и нитей в России, 2011, Обзор, Интернет-сайт ООО «Центр инвестиционно-промышленного анализа и прогноза»

Мухамедзянова Альфия Ахметовна
ФГБОУ ВО «Башкирский
государственный университет»;
доктор технических наук, доцент,
заведующий кафедрой технической
химии и материаловедения;
450077, г. Уфа, ул. 3. Валиди, д.32;
8-987-257-48-00,
alf6058@yandex.ru

Ихсанов Иршат Айратович
Фонд перспективных
исследований, координатор
проектов в РБ,
450077, г. Уфа, ул. Тукаева,
д.29,
8-917-342-04-95

**Асылгареев Альберт
Азаматович**
ФГБОУ ВО «Башкирский
государственный университет»;
магистрант направления 04.04.02
«Химия, физика и механика
материалов»,
450077, г. Уфа, ул. 3. Валиди, д.32

A.A. MUKHAMEDZYANOVA, I.A. IHSANOV, A.A. ASYLGAREEV

FIBER-FORMING PROPERTIES OF HEAVY PYROLYSIS TAR'S PITCHES

Abstract. The relevance of the use and necessity of obtaining carbon fibers and materials based on their domestic oil raw materials is shown. The results of investigations of physical, chemical and fiber-forming properties of pitches made of heavy pyrolysis tar from ethylene production and asphaltite tar of West Siberian oil are presented. The possibility of obtaining pitch fibers is shown experimentally. Pitches with a softening temperature of 170-220 °C in the temperature range of 220-300 °C are able to form continuous fibers from the melt with a diameter of 8-42 microns and are stably formed at the maximum speed of pulling the thread 6.5-10.6 m/s. In the study of the fiber-forming ability of petroleum pitches, the influence of the softening temperature on the maximum speed of forming of pitch fibers and the specific number of flows on the fiber was determined. The values of melt viscosity and softening temperature of pitches that are optimal for the formability of the pitch fiber are found. The dependence of the maximum speed of thread pulling is determined.

Keyword: heavy pyrolysis resin, asphaltene, tar, pitches, pitch fiber, formability, softening temperature, carbene content, amount of build-up, molding speed.

BIBLIOGRAPHY

1. Morgan P. Carbon fibers and their composites. London/Taylor and Francis. 2005. 1166 p.
2. Mukhamedzyanova A.A., Khaybullin A.A., Fatkullin M.R., Gimayev R.N., Polucheniye neftnykh voloknoobrazuyushchikh pekov metodom termopolikondensatsii tyazheloy smoly piroliza. Koks i khimiya, №3, 2012, s.28-31
3. Analiz potrebleniya uglerodnykh volokon i nitey v Rossii, 2011, Obzor, Internet-sayt OOO «Tsentr investitsionno-promyshlennogo analiza i prognoza»

Mukhamedzyanova Alfiya Akhmetovna
Bashkir state University;
doctor of technical Sciences, associate
Professor, head of the Department of
technical chemistry and materials
science;
32, Z. Validi str., Ufa, 450077;
8-987-257-48-00,
alf6058@yandex.ru

Ihsanov Irshat Ayratovich
Foundation for advanced
research, project coordinator in
RB,
450077, Ufa, ul. tukaeva, 29,
8-917-342-04-95

Asylgareev Albert Azamatovich
Bashkir state University;
master's degree 04.04.02
"Chemistry, physics and mechanics
of materials",
450077, Ufa, ul. Z. Validi, 32

УДК 621.77.24

DOI: 10.33979/2073-7408-2020-342-4-2-78-84

Е.О. РЕЩИКОВ

РАДИАЛЬНОЕ ВЫДАВЛИВАНИЕ ПОЛОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ЗАГОТОВКИ С ВНУТРЕННИМ ВЫСТУПОМ

Аннотация. Полые трубчатые изделия с внутренним выступом представляют определенные сложности при производстве. Обработка резанием таких заготовок ведет к повышенному расходу материала, снижению эксплуатационных свойств деталей. Предлагается альтернативная технология внутреннего радиального выдавливания. С помощью теории пластического течения по методу А. Л. Воронцова получены формулы, необходимые для расчёта технологических параметров процесса. Достоверная проверка результатов теоретического исследования возможна экспериментально. В работе произвели выдавливание образцов из свинца. Определяли деформирующую силу и сравнивали результаты с значениями, полученными теоретически. Оценивали влияние трения на значение силы. Экспериментально подтверждена высокая точность расчетов.

Ключевые слова: объёмная штамповка, радиальное выдавливание, трубная заготовка, внутренний выступ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы / Т. М. Башта, С. С. Руднев, Б. Б. Некрасов и др. – М.: Машиностроение, 1982. – 423 с.
2. Лепешкин А.В., Михайлин А.А., Шейпак А.А. Гидравлика и гидропневмопривод. Ч. 2. Гидравлические машины и гидропневмопривод. – М.: МГИУ, 2003. – 352 с.
3. Gao W.-J., Lei J.-X., Guo F.-W. Research on radial forming process of thin-walled hub tooth // Journal of Plasticity Engineering. – 2018. – Vol. 25. – P. 73-80. DOI: org/10.3969/j.issn.1007-2012.2018.03.012
4. Li Sh., Ji H., Wang B, Mu Ya. Numerical analysis and experimental validation of conjunction gear via hot forging-upsetting finishing-radial extrusion // Archives of Civil and Mechanical Engineering. – 2019. – Vol. 19. – Iss. 2. –P. 391-404. DOI: org/10.1016/j.acme.2018.11.006
5. Воронцов А. Л. Теория малоотходной штамповки. М.: Машиностроение, 2005. – 859 с.
6. Advanced Materials in Automotive Engineering / Ed. Jason Rowe. – Woodhead Publishing, 2012. – 352 p.
7. Аксененко А.Ю. Разработка методики проектирования процесса выдавливания для производства втулок со ступенчатыми внешней и внутренней поверхностями: дис.... канд. техн. наук. – Москва, 2016. – 213 с.
8. Черняев А.В., Гладков В.А. Выдавливание внутреннего кольцевого ребра на корпусной обечайке // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2018. – № 12. – С. 259-264.

9. Ковка и штамповка. Справочник под ред. Е. И. Семёнова. Том 3. Холодная объёмная штамповка. Штамповка металлических порошков / Е. Г. Белков, Г. В. Бнатын, А. Л. Воронцов и др. М.: Машиностроение, 2010. 352 с.
10. Воронцов А. Л. Теория штамповки выдавливанием. М.: Машиностроение. 2004. 721 с.
11. Воронцов А.Л., Решиков Е.О. Исследование внутреннего радиального выдавливания трубной заготовки. Часть 1. Актуальность и постановка задачи // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2018. – № 8. – С. 3-12.
12. Черняев А.В., Гладков В.А. Расчетная модель выдавливания внутреннего фланцевого утолщения на трубе // Заготовительные производства в машиностроении. – 2018. – Том 16. – № 3. – С. 116-119.
13. Черняев А.В., Гладков В.А. Выдавливание внутреннего кольцевого ребра на корпусной обечайке // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2018. – № 12. – С. 259-264.
14. Воронцов А. Л. Теория и расчеты процессов обработки металлов давлением. Учебное пособие для вузов. Том 1. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. – 396 с.
15. Воронцов А. Л. Теория и расчеты процессов обработки металлов давлением. Учебное пособие для вузов. Том 2. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. – 441 с.
16. Воронцов А.Л., Решиков Е.О. Исследование внутреннего радиального выдавливания трубной заготовки. Часть 2. Определение кинематического и напряжённого состояний // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2019. – № 1. – С. 3-9.
17. Воронцов А.Л., Решиков Е.О. Исследование внутреннего радиального выдавливания трубной заготовки. Часть 6. Методики расчёта технологических параметров выдавливания изделий с разными радиусами верхней и нижней частей // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2019. – № 6. – С. 3-9.
18. Аксененко А.Ю., Коробова Н.В., Дмитриев А. М. Анализ различных методов разработки процесса изготовления корпусных деталей комбинированным выдавливанием // Компьютерные исследования и моделирование. – 2014. – Том 6. – №6. – С. 967-974.
19. Nielsen Ch.V., Bay N. Overview of friction modelling in metal forming processes // Procedia Engineering. – 2017. – Vol. 207. – 2017. – P. 2257-2262. DOI: org/10.1016/j.proeng.2017.10.991
20. Experimental investigation on friction law under starved lubrication in metal forming / Zhang Ye, Wang Zh., Yoshikawa Ya., Dong W. // Procedia Engineering. – 2017. – Vol. 207. – P. 2269-2273. DOI: org/10.1016/j.proeng.2017.10.993
21. Grechnikov F., Khaimovich A., Alexandrov S. Estimation of hot stamping lubricant efficiency under dynamic loading conditions // Journal of Materials Processing Technology. – 2016. – Vol. 234. – P. 300-308. DOI: org/10.1016/j.jmatprotec.2016.03.016

Решиков Егор Олегович

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук (ИМАШ РАН)

Аспирант, младший научный сотрудник

101000, Москва, Малый Харитоньевский пер., д.4

Тел.: +7 (499) 135-55-43

E-mail: egorreschikov@rambler.ru

E.O. RESCHIKOV

HOLLOW CYLINDER BILLET WITH AN INTERNAL PROTRUSION RADIAL PRESSING

Abstract. *Hollow tubular products with an internal protrusion have certain difficulties in production. Machining such blanks leads to increased material consumption, a decrease of parts operational properties. The alternative technology of internal radial extrusion is proposed. Using the theory of plastic flow according to the method of A. L. Vorontsov, the formulas necessary for calculating the technological parameters of the process are obtained. Reliable verification of the theoretical study results is possible by experiment performing. In the present work samples made of lead were extruded. The deforming force was determined and the results were compared to the values obtained theoretically. The effect of friction to the force value was evaluated. The high accuracy of the calculations has been experimentally confirmed.*

Keywords: *die forging, radial extrusion, pipe workpiece, tube billet, inner protrusion.*

BIBLIOGRAPHY

1. Гидравлика, гидромашин и гидроприводы / Т. М. Басhta, С. С. Руднев, В. В. Некрасов и др. – М.: Mashinostroyeniye, 1982. – 423 с.

2. Lepeshkin A.V., Mikhaylin A.A., Sheypak A.A. Gidravlika i gidropnevmoprivod. CH. 2. Gidravlicheskiye mashiny i gidropnevmoprivod. – M.: MGIIU, 2003. – 352 s.
3. Gao W.-J., Lei J.-X., Guo F.-W. Research on radial forming process of thin-walled hub tooth // Journal of Plasticity Engineering. – 2018. – Vol. 25. – P. 73-80. DOI: org/10.3969/j.issn.1007-2012.2018.03.012
4. Li Sh., Ji H., Wang B, Mu Ya. Numerical analysis and experimental validation of conjunction gear via hot forging-upsetting finishing-radial extrusion // Archives of Civil and Mechanical Engineering. – 2019. – Vol. 19. – Iss. 2. – P. 391-404. DOI: org/10.1016/j.acme.2018.11.006
5. Vorontsov A. L. Teoriya malootkhodnoy shtampovki. M.: Mashinostroyeniye, 2005. – 859 s.
6. Advanced Materials in Automotive Engineering / Ed. Jason Rowe. – Woodhead Publishing, 2012. – 352 p.
7. Aksenenko A.YU. Razrabotka metodiki proyektirovaniya protessa vydavlivaniya dlya proizvodstva vtulok so stupenchatymi vneshney i vnutrenney poverkhnostyami: dis.... kand. tekhn. nauk. – Moskva, 2016. – 213 s.
8. Chernyayev A.V., Gladkov V.A. Vydavlivaniye vnutrennego koltsevogo rebra na korpusnoy obechayke // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskiye nauki. – 2018. – № 12. – S. 259-264.
9. Kovka i shtampovka. Spravochnik pod red. Ye. I. Semonova. Tom 3. Kholodnaya ob'yomnaya shtampovka. Shtampovka metallicheskih poroshkov / Ye. G. Belkov, G. V. Bnatyan, A. L. Vorontsov i dr. M.: Mashinostroyeniye, 2010. 352 s.
10. Vorontsov A. L. Teoriya shtampovki vydavlivaniyem. M.: Mashinostroyeniye. 2004. 721 s.
11. Vorontsov A.L., Reshchikov Ye.O. Issledovaniye vnutrennego radialnogo vydavlivaniya trubnoy zagotovki. Chast 1. Aktualnost i postanovka zadachi // Kuznechno-shtampovochnoye proizvodstvo. Obrabotka materialov davleniyem. – 2018. – № 8. – S. 3-12.
12. Chernyayev A.V., Gladkov V.A. Raschetnaya model vydavlivaniya vnutrennego flantsevogo utolshcheniya na trube // Zagotovitelnyye proizvodstva v mashinostroyenii. – 2018. – Tom 16. – № 3. – S. 116-119.
13. Chernyayev A.V., Gladkov V.A. Vydavlivaniye vnutrennego koltsevogo rebra na korpusnoy obechayke // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskiye nauki. – 2018. – № 12. – S. 259-264.
14. Vorontsov A. L. Teoriya i raschety protsessov obrabotki metallov davleniyem. Uchebnoye posobiye dlya vuzov. Tom 1. M.: Izd-vo MGTU im. N. E. Bauman, 2014. – 396 s.
15. Vorontsov A. L. Teoriya i raschety protsessov obrabotki metallov davleniyem. Uchebnoye posobiye dlya vuzov. Tom 2. M.: Izd-vo MGTU im. N. E. Bauman, 2014. – 441 s.
16. Vorontsov A.L., Reshchikov Ye.O. Issledovaniye vnutrennego radialnogo vydavlivaniya trubnoy zagotovki. Chast 2. Opredeleniye kinematicheskogo i napryazhonnoy sostoyaniy // Kuznechno-shtampovochnoye proizvodstvo. Obrabotka materialov davleniyem. – 2019. – № 1. – S. 3-9.
17. Vorontsov A.L., Reshchikov Ye.O. Issledovaniye vnutrennego radialnogo vydavlivaniya trubnoy zagotovki. Chast 6. Metodiki rascheta tekhnologicheskikh parametrov vydavlivaniya izdeliy s raznymi radiusami verkhney i nizhney chastey // Kuznechno-shtampovochnoye proizvodstvo. Obrabotka materialov davleniyem. – 2019. – № 6. – S. 3-9.
18. Aksenenko A.YU., Korobova N.V., Dmitriyev A. M. Analiz razlichnykh metodov razrabotki protessa izgotovleniya korpusnykh detaley kombinirovannym vydavlivaniyem // Kompyuternyye issledovaniya i modelirovaniye. – 2014. – Tom 6. – №6. – S. 967-974.
19. Nielsen Ch.V., Bay N. Overview of friction modelling in metal forming processes // Procedia Engineering. – 2017. – Vol. 207. – 2017. – P. 2257-2262. DOI: org/10.1016/j.proeng.2017.10.991
20. Experimental investigation on friction law under starved lubrication in metal forming / Zhang Ye, Wang Zh., Yoshikawa Ya., Dong W. // Procedia Engineering. – 2017. – Vol. 207. – P. 2269-2273. DOI: org/10.1016/j.proeng.2017.10.993
21. Grechnikov F., Khaimovich A., Alexandrov S. Estimation of hot stamping lubricant efficiency under dynamic loading conditions // Journal of Materials Processing Technology. – 2016. – Vol. 234. – P. 300-308. DOI: org/10.1016/j.jmatprotec.2016.03.016

Reschikov Egor Olegovich

Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Sciences (IMASH RAN)

Graduate student, junior researcher

109428, Moscow, Maly Kharitonyevsky Lane, 4

Тел.: +7 (499) 135-55-43

E-mail: egorreschikov@rambler.ru

УДК 621.923

DOI: 10.33979/2073-7408-2020-342-4-2-85-94

А.О. ХАРЧЕНКО, А.А. ХАРЧЕНКО

СТРУКТУРНО-КОМПОЗИЦИОННЫЙ СИНТЕЗ ПОДСИСТЕМ МОДУЛЕЙ ДЛЯ ВНУТРЕННЕЙ РЕЗЬБООБРАБОТКИ

Аннотация. В статье представлены результаты исследований в направлении совершенствования технологического оборудования для внутренней резьбообработки деталей в условиях гибкого

автоматизированного производства. Создание эффективного технологического оборудования для автоматизированной резьбообработки является актуальной задачей, решение которой связано с получением значительного экономического эффекта за счет повышения производительности обработки и улучшения качества изделий. Представлена укрупненная блок-схема последовательности решения задачи синтеза, выявления «слабых» мест (элементов и узлов, существенно снижающих надежность и перенадежность системы) и совершенствования элементов технологической системы оборудования. После заполнения морфологической матрицы для системы модуля резьбообработки выполняется синтез вариантов его структуры. Проведенные мероприятия позволяют решить задачу синтеза на уровне структурно-компоновочной оптимизации.

Ключевые слова: резьбообработка, внутренние резьбы малых диаметров, технологическая система модуля, морфологическая матрица, комплексный критерий качества, метчик, бесстружечный метчик, комбинированный метчик.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матвеев В.В. Нарезание точных резьб / В.В. Матвеев. – М.: Машиностроение, 1978. – 88 с.
2. Фрумин Ю.Л. Высокопроизводительный резьбообразующий инструмент / Ю.Л. Фрумин. – М.: Машиностроение, 1977. – 183 с.
3. Братан С.М. Повышение точности формообразования мелкоразмерных резьб метчиками в алюминиевых сплавах: монография / С.М. Братан, Ф.Н. Канареев, П.А. Новиков, А.О. Харченко. – М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2017. – 164 с.
4. Мерзлов А.В. Анализ особенностей формообразования внутренних резьб М2...М6 / А.В. Мерзлов, А.О. Харченко // Современные технологии: проблемы и перспективы: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции (20 - 23 мая 2019 г.), Севастополь: ФГАОУ ВО «СевГУ», 2019. – С. 94-96.
5. Novoselov, Yu.K., Kharchenko A.O. Choice of the Optimal Structure of a Flexible Production Cell / Novoselov, Yu.K., Kharchenko A.O. // Soviet engineering research, 1987. – 7(2), P. 48-52.
6. Харченко А.О. Анализ и синтез структур современных многооперационных станков: практикум / А.О. Харченко, С.М. Братан, Е.А. Владецкая, С.И. Рошупкин. – М.: Центркаталог, 2018. – 144 с.
7. Харченко А.О. Патентоведение и изобретательство. Практикум / А.О. Харченко, А.Г. Карлов, А.А. Харченко, К.Н. Осипов. – М.: Центркаталог, 2018. – 112 с.
8. Пуш В.Э. Автоматические станочные системы / В.Э. Пуш, В.Л. Сосонкин. – М.: Машиностроение, 1982. – 319 с.
9. Харченко А.О. Металлообрабатывающие станки и оборудование машиностроительных производств: Учеб. пособие / А.О. Харченко – М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2017. – 260 с.
10. Мерзлов А.В. Разработка критерия эффективности при оптимизации структур станочных модулей / А.В. Мерзлов, А.О. Харченко, А.А. Харченко // Современные технологии: проблемы и перспективы: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции (20 - 23 мая 2019 г.), Севастополь: ФГАОУ ВО «СевГУ», 2019. – С. 97-100.
11. Нахапетян Е.Г. Диагностирование оборудования гибкого автоматизированного производства / Е.Г. Нахапетян. – М.: Наука, 1985. – 224 с.
12. Долгин В.П. Надежность технических систем: учеб. пособие / В.П. Долгин, А.О. Харченко. – М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2015. – 167 с.

Харченко Александр Олегович
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь
Кандидат технических наук, профессор кафедры «Технология машиностроения»
299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33
Тел. 54-05-57
E-mail: khao@list.ru

Харченко Андрей Александрович
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобильный транспорт»
299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33
Тел. +7 (8692) 54-35-70
E-mail: a.a.kharchenko@sevsu.ru

A.O. KHARCHENKO, A.A. KHARCHENKO

STRUCTURAL-LAYOUT SYNTHESIS OF MODULES SUBSYSTEMS FOR INTERNAL THREADING

Abstract. The article presents the results of research in the direction of improving technological equipment for internal threading of parts in a flexible automated production. The creation of effective technological equipment for automated thread processing is an urgent task, the solution of which is associated with obtaining a significant economic

effect by increasing processing productivity and improving product quality. An enlarged block diagram of the sequence of solving the synthesis problem, identifying "weak" places (elements and nodes that significantly reduce the reliability and readjustability of the system) and improving the elements of the equipment technological system is presented. After filling in the morphological matrix for the threading module system, a synthesis of its structure variants is performed. The measures taken allow us to solve the synthesis problem at the level of structural-layout optimization.

Keywords: threading, internal threads of small diameters, module technological system, morphological matrix, comprehensive quality criterion, tap, chipless tap, combined tap.

BIBLIOGRAPHY

1. Matveyev V.V. Narezaniye tochnykh rez'b (Precision thread cutting) / V.V. Matveyev. – M.: Mashinostroyeniye, 1978. – 88 s.
2. Frumin Yu.L. Vysokoproizvoditel'nyy rez'boobrazuyushchiy instrument (High-performance thread-forming tool) / Yu.L. Frumin. – M.: Mashinostroyeniye, 1977. – 183 s.
3. Bratan S.M. Povysheniye tochnosti formoobra-zovaniya melkorazmernykh rez'b metchikami v al'yuminiyevykh splavakh: monografiya (Improving the accuracy of forming small-sized threads with taps in aluminum alloys) / S.M. Bratan, F.N. Kanareyev, P.A. Novikov, A.O. Kharchenko. – M.: Vuzovskiy uchebnik: INFRA-M, 2017. – 164 s.
4. Merzlov A.V. Analiz osobennostey formoobrazovaniya vnutrennykh rez'b M2...M6 (Analysis of the features of the formation of internal threads M2... M6) / A.V. Merzlov, A.O. Kharchenko // Sovremennyye tekhnologii: problemy i perspektivy: sbornik statey Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (20 - 23 maya 2019 g.), Sevastopol': FGOU VO «SevGU», 2019. – S. 94-96.
5. Novoselov, Yu.K., Kharchenko A.O. Choice of the Optimal Structure of a Flexible Production Cell / Novoselov, Yu.K., Kharchenko A.O. // Soviet engineering research, 1987. –7(2), P. 48-52.
6. Kharchenko A.O. Analiz i sintez struktur sovremennykh mnogooperatsionnykh stankov: praktikum (Analysis and synthesis of the structures of modern multioperational machines: practical) / A.O. Kharchenko, S.M. Bratan, Ye.A. Vladetskaya, S.I. Roshchupkin. – M.: Tsentrkatalog, 2018. – 144 s.
7. Kharchenko A.O. Patentovedeniye i izobretatel'stvo. Praktikum (Patenting and invention. Workshop) / A.O. Kharchenko, A.G. Karlov, A.A. Kharchenko, K.N. Osipov. – M.: Tsentrkatalog, 2018. – 112 s.
8. Push V.E. Avtomaticheskiye stanochnyye sistemy (Automatic machine tools) / V.E. Push, V.L. Sosonkin. – M.: Mashinostroyeniye, 1982. – 319 s.
9. Kharchenko A.O. Metalloobrabatyvayushchiye stanki i oborudovaniye mashinostroitel'nykh proizvodstv (Metalworking machines and equipment engineering industries): Ucheb. posobiye / A.O. Kharchenko – M.: Vuzovskiy uchebnik: INFRA-M, 2017. – 260 s.
10. Merzlov A.V. Razrabotka kriteriya effektivnosti pri optimizatsii struktur stanochnykh moduley (Development of a performance criterion for the optimization of structures of machine modules) / A.V. Merzlov, A.O. Kharchenko, A.A. Kharchenko // Sovremennyye tekhnologii: problemy i perspektivy: sbornik statey Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (20 - 23 maya 2019 g.), Sevastopol': FGOU VO «SevGU», 2019. – S. 97-100.
11. Nakhapetyan Ye.G. Diagnostirovaniye oborudovaniya gibkogo avtomatizirovannogo proizvodstva (Diagnosing Equipment for Flexible Automated Production) / Ye.G. Nakhapetyan. – M.: Nauka, 1985. – 224 s.
12. Dolgin V.P. Nadezhnost' tekhnicheskikh sistem (Reliability of technical systems) / V.P. Dolgin, A.O. Kharchenko. – M.: Vuzovskiy uchebnik: INFRA-M, 2015. – 167 s.

Kharchenko Alexander Olegovich

"Sevastopol State University", Sevastopol
Ph.D., professor of the department "Technology of mechanical engineering"
299053, Sevastopol, Universitetskaya St., 33
Тел. 54-05-57
E-mail: khao@list.ru

Kharchenko Andrey Aleksandrovich

"Sevastopol State University", Sevastopol
Ph.D., Associate Professor of "Automobile Transport"
299053, Sevastopol, Universitetskaya St., 33
Тел. +7 (8692) 54-35-70
E-mail: a.a.kharchenko@sevsu.ru

УДК 621.923

DOI: 10.33979/2073-7408-2020-342-4-2-95-102

А.О. ХАРЧЕНКО, А.С. ЧАСОВИТИНА

СТРУКТУРА РЕЗЬБООБРАБАТЫВАЮЩЕГО МОДУЛЯ С МЕХАНИЗМАМИ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ КИНЕМАТИКИ

Аннотация. В статье рассмотрены принципы построения современного резьбонарезного оборудования

на основе механизмов параллельных структур. Благодаря определению оптимальной структуры был выявлен вариант комбинированного МПС с возможностью одновременного изменения длины штанг и координат опорных шарниров, обеспечивающий выполнение значительного количества технологических функций на одном рабочем месте за одну установку детали. Описан принцип работы полученного гибридного резьбонарезного станка с комбинированным МПС модульной конструкции, в которой исполнительный орган может совершать сложное пространственное движение. Создана на основе морфологического анализа и структурно-компоновочного синтеза с последующей оптимизацией по критерию надежности и экономической эффективности гибридная компоновка шестиступенчатого резьбонарезного станка с МПС. Представлена конструкция сборного пластически деформирующего метчика повышенной стойкости за счет возможности многократных переточек методом укорочения изношенного участка рабочей части; обеспечивающего высокую точность и качество получаемых резьб.

Ключевые слова: резьбообработка, механизмы параллельных структур (МПС), гибридный резьбонарезной станок, анализ и синтез, сборный пластически деформирующий метчик, шестиступенчатый резьбонарезной станок с МПС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матвеев В.В. Нарезание точных резьб / В.В. Матвеев. – М.: Машиностроение, 1978. – 88 с.
2. Фрумин Ю.Л. Высокопроизводительный резьбообразующий инструмент / Ю.Л. Фрумин. – М.: Машиностроение, 1977. – 183 с.
3. Братан С.М. Повышение точности формообразования мелкоразмерных резьб метчиками в алюминиевых сплавах: монография / С.М. Братан, Ф.Н. Канареев, П.А. Новиков, А.О. Харченко. – М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2017. – 164 с.
4. Мерзлов А.В. Анализ особенностей формообразования внутренних резьб М2...М6 / А.В. Мерзлов, А.О. Харченко // Современные технологии: проблемы и перспективы: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции (20 - 23 мая 2019 г.), Севастополь: ФГАОУ ВО «СевГУ», 2019. – С. 94-96.
5. Novoselov, Yu.K., Kharchenko A.O. Choice of the Optimal Structure of a Flexible Production Cell / Novoselov, Yu.K., Kharchenko A.O. // Soviet engineering research, 1987. – 7(2), P. 48-52.
6. Кузнецов, Ю.Н. Компоновка станков с механизмами параллельной структуры: Монография / Ю.Н. Кузнецов, Д.А. Дмитриев, Г.Е. Диневич. – Херсон: ЧП Вышемирский. – 2010. – 471 с.
7. Кузнецов, Ю.М. Технологічне обладнання с ЧПК: механізми і оснащення: навч. посібник / Ю.М. Кузнецов, О.Ф. Саленко, А.О. Харченко, В.Т. Щетинін. – Київ-Кременчук-Севастополь: Вид-во «Точка», 2014. – 500 с.
8. Часовитина А.С. Комбинированный механизм параллельной структуры (МПС) многооперационного станка / А.С. Часовитина, А.О. Харченко // Современные технологии: проблемы и перспективы: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции (20 - 23 мая 2019 г.), Севастополь: ФГАОУ ВО «СевГУ», 2019. – С. 105-108.
9. А.с. 1355370 SU Резьбонарезная головка для гибкого автоматизированного производства / Ф.Н. Канареев, А.О. Харченко и др. // Бюл. Открытия. Изобретения. –1987. – №44.
10. А.с. 1038123 SU Резьбонарезная головка / Ф.Н. Канареев, С.П. Машин. // Бюл. Открытия. Изобретения. –1983. – №32.
11. А.с. 1049209 SU Револьверная головка резьбонарезного станка / Ф.Н. Канареев, А.О. Харченко и др. // Бюл. Открытия. Изобретения. –1983. – №39.
12. А.с. 1013154 SU Метчик / Ф.Н. Канареев, А.О. Харченко и др. // Бюл. Открытия. Изобретения. –1983. – №15.
13. Харченко А.О. Анализ и синтез структур современных многооперационных станков: практикум / А.О. Харченко, С.М. Братан, Е.А. Владецкая, С.И. Рошупкин. – М.: Центркаталог, 2018. – 144 с.

Харченко Александр Олегович
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь
Кандидат технических наук, профессор кафедры
«Технология машиностроения»
299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33
Тел. +7 (8692) 54-05-57
E-mail: khao@list.ru

Часовитина Анастасия Сергеевна
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь
студент – магистрант кафедры
«Технология машиностроения»
299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33
Тел. +7 (8692) 54-05-57
E-mail: nastya.chasovitina@mail.ru

A.O. KHARCHENKO, A.S. CHASOVITINA

STRUCTURE OF A THREAD PROCESSING MODULE WITH PARALLEL KINEMATICS MECHANISMS

Abstract. In the article the principles of construction of modern thread-cutting equipment based on mechanisms of parallel structures are considered. The optimal structure was identified and combined with a variant of the combination of MPS with the ability to simultaneously change the length of the rods and the coordinates of reference hinge, ensuring the implementation of a significant number of technological methods in the same workplace for one installation details. The principle of operation of the resulting hybrid thread-cutting machine with a combined MPS of a modular construction in which the executive body can perform a complex spatial movement is described. Based on morphological analysis and structural-layout synthesis, followed by optimization according to the criterion of reliability and economic efficiency, the hybrid layout of a six-spindle thread-cutting machine with MPS. The design of a precast plastically deforming tap of increased resistance is presented due to the possibility of multiple regrindings by shortening the worn-out section of the working part; providing high accuracy and quality of the obtained threads.

Keywords: threading, mechanisms of parallel structures (MPS), hybrid threading machine, analysis and synthesis, prefabricated plastically deforming tap, six-spindle thread-cutting machine with MPS.

BIBLIOGRAPHY

1. Matveyev V.V. Narezaniye tochnykh rez'b (Precision thread cutting) / V.V. Matveyev. – M.: Mashinostroyeniye, 1978. – 88 s.
2. Frumin Yu.L. Vysokoproizvoditel'nyy rez'boobrazuyushchiy instrument (High-performance thread-forming tool) / Yu.L. Frumin. – M.: Mashinostroyeniye, 1977. – 183 s.
3. Bratan S.M. Povysheniye tochnosti formoobra-zovaniya melkorazmernykh rez'b metchikami v al'yuminiyevykh splavakh: monografiya (Improving the accuracy of forming small-sized threads with taps in aluminum alloys) / S.M. Bratan, F.N. Kanareyev, P.A. Novikov, A.O. Kharchenko. – M.: Vuzovskiy uchebnik: INFRA-M, 2017. – 164 s.
4. Merzlov A.V. Analiz osobennostey formoobrazovaniya vnutrennikh rez'b M2...M6 (Analysis of the features of the formation of internal threads M2...M6) / A.V. Merzlov, A.O. Kharchenko // Sovremennyye tekhnologii: problemy i perspektivy: sbornik statey Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (20 - 23 maya 2019 g.), Sevastopol': FGAOU VO «SevGU», 2019. – S. 94-96.
5. Novoselov, Yu.K., Kharchenko A.O. Choice of the Optimal Structure of a Flexible Production Cell / Novoselov, Yu.K., Kharchenko A.O. // Soviet engineering research, 1987. –7(2), P. 48-52.
6. Kuznetsov, YU.N. Komponenty stankov s mekhanizmami parallel'noy struktury: Monografiya (The layout of machines with mechanisms of parallel structure) / YU.N. Kuznetsov, D.A. Dmitriyev, G.Ye. Dinevich. – Kherson: CHP Vyshemirskiy. – 2010. – 471 s.
7. Kuznetsov, YU.M. Tekhnologichne obladnannya s CHPK: mekhanizmy i osnashchennya: navch. Posibnyk (CNC technological equipment: mechanisms and equipment) / YU.M. Kuznetsov, O.F. Salenko, A.O. Kharchenko, V.T. Shchetynin. – Kyiv-Kremenchuk-Sevastopol': Vyd-vo «Tochka», 2014. – 500 s.
8. Chasovitina A.S. Kombinirovanny mekhanizm parallel'noy struktury (MPS) mnogooperatsionnogo stanka (Combined mechanism of parallel structure (MPS) of a multioperational machine) / A.S. Chasovitina, A.O. Kharchenko // Sovremennyye tekhnologii: problemy i perspektivy: sbornik statey Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (20 - 23 maya 2019 g.), Sevastopol': FGAOU VO «SevGU», 2019. – S. 105-108.
9. A.s. 1355370 SU Rez'bonareznaya golovka dlya gibkogo avtomatizirovannogo proizvodstva (Thread-cutting head for flexible automated production) / F.N. Kanareyev, A.O. Kharchenko i dr. // Byul. Otkrytiya. Izobreteniya. –1987. – №44.
10. A.s. 1038123 SU Rez'bonareznaya golovka (Thread-cutting head) / F.N. Kanareyev, S.P. Mashin. // Byul. Otkrytiya. Izobreteniya. –1983. – №32.
11. A.s. 1049209 SU Revol'vernaya golovka rez'bonareznogo stanka (Revolving head of a thread-cutting machine) / F.N. Kanareyev, A.O. Kharchenko i dr. // Byul. Otkrytiya. Izobreteniya. –1983. – №39.
12. A.s. 1013154 SU Metchik (Tap) / F.N. Kanareyev, A.O. Kharchenko i dr. // Byul. Otkrytiya. Izobreteniya. – 1983. – №15.
13. Kharchenko A.O. Analiz i sintez struktur sovremennykh mnogooperatsionnykh stankov: praktikum (Analysis and synthesis of the structures of modern multioperational machines: practical) / A.O. Kharchenko, S.M. Bratan, Ye.A. Vladetskaya, S.I. Roshchupkin. – M.: Tsentrkatalog, 2018. – 144 s.

Kharchenko Alexander Olegovich

"Sevastopol State University", Sevastopol
Ph.D., professor of the department "Technology of mechanical engineering"
299053, Sevastopol, Universitetskaya St., 33
Тел. +7 (8692) 54-05-57
E-mail: khao@list.ru

Chasovitina Anastasia Sergeevna

"Sevastopol State University", Sevastopol
master student of the department "Technology of mechanical engineering"
299053, Sevastopol, Universitetskaya St., 33
Тел. +7 (8692) 54-05-57
E-mail: nastya.chasovitina@mail.ru

УДК 621.833

DOI:10.33979/2073-7408-2020-342-4-2-103-111

Т.В. ШЕХОВЦЕВА, Е.В. ШЕХОВЦЕВА

ОЦЕНКА КОНТАКТНЫХ РАЗРУШЕНИЙ ЗУБЬЕВ

ПО БОКОВЫМ ПОВЕРХНОСТЯМ

Аннотация. В статье представлена обобщенная классификация повреждений зубчатых колес с подробным рассмотрением видов повреждения при контактной усталости рабочих поверхностей зубьев и развития процесса контактной усталости. Проанализированы критерии оценки контактного разрушения рабочих поверхностей зубьев при повреждении боковой поверхности. Проведены испытания на контактную усталость на опытных образцах. На основе исследований определена зависимость степени выкрашивания рабочих поверхностей по глубине ямок от цикла наработки.

Ключевые слова: зубчатое колесо, повреждение, рабочая боковая поверхность, контактная усталость, выкрашивание.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. DIN 3979:1979. Zahnschaden an Zahnradgetrieben. Bezeichnung, Merkmale, Ursachen.
2. ZFN 201:1990. Zahnradschaden Begriffsbestimmung Bezeichnungen und Ursachen.
3. РД 50-672:88. Методические указания. Расчет и испытания на прочность. Классификация видов изломов металлов.
4. Р50-54-30-87. Рекомендации. Расчеты и испытания на прочность. Методы испытаний на контактную усталость.

Шеховцева Татьяна Владимировна

ФГБОУ ВО «РГТУ имени П.А. Соловьева»,
г. Рыбинск
Кандидат технических наук, начальник отдела
нормативной документации
152934, г. Рыбинск, ул. Пушкина, 53
Тел. 8-920-108-24-70
E-mail: tanyha_fischburg@mail.ru

Шеховцева Евгения Владимировна

ПАО «ОДК-Сатурн», г. Рыбинск
Кандидат технических наук, эксперт по приводам
152935, г. Рыбинск, пр. Ленина, 163
Тел. (4855) 29-62-61
E-mail: evgeniya.shehovtseva@uec-saturn.ru

T.V. SHEHOVTSEVA, E.V. SHEHOVTSEVA

THE ESTIMATION OF GEARS CONTACT FAILURES OVER THE TOOTH SURFACES

Abstract. The article deals with the generalized classification of gears failures with detailed analysis of failures types in the contact fatigue of gears working surfaces and the development of the contact fatigue process. The criteria of the contact failure estimation of the gears working surfaces in failure of tooth surface are analyzed. The tests for the contact fatigue for the experimental models are conducted. The cycle operating dependence of pitting level over the working surfaces in depth of dimples is defined on basis of tests.

Keywords: gear, failure, working tooth surface, contact fatigue, pitting.

BIBLIOGRAPHY

1. DIN 3979:1979. Zahnschaden an Zahnradgetrieben. Bezeichnung, Merkmale, Ursachen.
2. ZFN 201:1990. Zahnradschaden Begriffsbestimmung Bezeichnungen und Ursachen.
3. RD 50-672:88. Methodical instructions. Calculation and strength tests. The classification of metal fracture types.
4. R50-54-30-87 Recommendations. Calculation and strength tests. Contact fatigue test methods.

Shehovtseva Tatiana Vladimirovna

FGBOU VO «RGATU, Rybinsk
Candidate of technical Sciences,
the head of the department of normative documentation,
53, str. Pushkina, Rybinsk, 152934
Tel. 8-920-108-24-70
E-mail: tanyha_fischburg@mail.ru

Shehovtseva Evgeniya Vladimirovna

PJSC «UEC-Saturn», Rybinsk
Candidate of technical Sciences, drives expert,
163 Lenin Ave. Rybinsk, 152935
Tel. (4855) 32-62-62
E-mail: evgeniya.shehovtseva@uec-saturn.ru

В.Г. ВЯЛКОВ, С.Н. ГЛАЗУНОВ, П.А. ЦИРКОВ

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИЗНОШЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЧУГУННЫХ И СТАЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ НАПЛАВКОЙ ФЕРРОМАГНИТНОЙ ШИХТОЙ

Аннотация. В результате эксперимента были отработаны параметры наплавки и разработан состав ферромагнитной шихты, которые обеспечивают получение бездефектного наплавленного слоя (без пор, шлаковых включений, горячих и холодных трещин) с твердостью поверхности 52-56 HRC без дополнительных технологических мероприятий (подогрева изделия) и последующей термообработки.

Ключевые слова: восстановление изношенных поверхностей чугуновых и стальных деталей, ферромагнитная шихта, бездефектный наплавленный слой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Какуевич В.А. Восстановление деталей автомобилей на специализированных предприятиях / В.А. Какуевич – М.: Транспорт, 1982. – 147с.
2. Шадричев, В.А. Основы выбора рационального способа восстановления автомобильных деталей металлопокрытиями / В.А. Шадричев – М: Машгиз, 1963. – 295с.
3. Черноиванов В.И. Организация и технология восстановления деталей машин. / В.И. Черноиванов, В.П. Лялякин – М: 2003. – 488с.
4. Пучин Е.А. Технология ремонта машин / Е. А. Пучина – М.: «Колос», 2007. – 487с.
5. Лялякин, В.П. Восстановление деталей – важное направление импортозамещения при эксплуатации сельскохозяйственной техники / В.П. Лялякин – Труды ГОСНИТИ, 2015. – Т. 119. – С. 183-192.
6. Лялякин, В.П. Перспективы восстановления деталей сельскохозяйственной техники / В.П. Лялякин, И.Г. Голубев – Техника и оборудование для села, 2016. – № 4. – С. 41-43.
7. Ушанов, В.А. Прогнозирование соотношения видов ремонтных работ при техническом сервисе машин в АПК / В.А. Ушанов, В.П. Лялякин, Н.М. Максименко – Труды ГОСНИТИ, 2016. – Т. 122. – С. 127-131.
8. Ферромагнитная шихта для дуговой наплавки деталей машин, изготовленных из железоуглеродистых сплавов: пат. 2448823 Российская Федерация: МПК В23К 35/36 / Э.Л. Макаров, В.Г. Вялков, С.Н. Глазунов, А.В. Коновалов, Д.В. Апраксин – № 2010104100/02; заявл. 09.02.2010; опубл. 27.04.2012, Бюл. № 12. – 7 с.
9. Глазунов С.Н. Модернизированное оборудование для восстановления деталей машин с горизонтальной осью вращения / С.Н. Глазунов, В.Г. Вялков, П.А. Цирков – Труды ГОСНИТИ - Т. 115 – 2014 - 256-261 с.
10. Вялков В.Г. Расчёт химического состава наплавочных материалов и наплавленного слоя при электродуговой наплавке ферромагнитной шихтой / В.Г. Вялков, С.Н. Глазунов, П.А. Цирков – Труды ГОСНИТИ, 2018. – Т. 130. – С. 232-237.

Вялков Вадим Геннадиевич
Московский Государственный
Технический Университет им.
Н.Э. Баумана
кандидат технических наук,
доцент кафедры «Технология
обработки материалов»
105005, Москва, 2-я Бауманская
ул., 5, стр.1
Тел.: +7 (499) 267-02-36
E-mail: vgv1204@yandex.ru

Глазунов Сергей Николаевич
Московский Государственный
Технический Университет им. Н.Э.
Баумана
кандидат технических наук, доцент
кафедры «Технология обработки
материалов»
105005, Москва, 2-я Бауманская ул.,
5, стр.1

Цирков Павел Александрович
Московский Государственный
Технический Университет им. Н.Э.
Баумана
старший преподаватель кафедры
«Технология обработки
материалов»
105005, Москва, 2-я Бауманская
ул., 5, стр.1
Тел.: +7 (499) 267-02-36
E-mail: tsirkovpa@bmstu.ru

V.G. VYALKOV, S.N. GLAZUNOV, P.A. TSIRKOV

RESTORATION OF WORN SURFACES FROM CAST IRON AND STEEL PARTS BY ELECTRIC ARC WELDING WITH FERROMAGNETIC CHARGE

Abstract. In experiment, worked out the parameters of deposition and the composition of the ferromagnetic charge, which ensure a defect-free weld layer (no pores, inclusions, hot and cold cracks) with a surface hardness of 52-56 HRC without additional technological measures (heating products) and subsequent heat treatment.

Keywords: restoration of worn surfaces from cast iron and steel parts, ferromagnetic charge, defect-free surfaced layer

BIBLIOGRAPHY

1. Kakuevickij V.A. Vosstanovlenie detalej avtomobilej na specializirovannyh predpriyatiyah / V.A. Kakuevickij – M.: Transport, 1982. – 147s.
2. SHadrichiev, V.A. Osnovy vybora racionalnogo sposoba vosstanovleniya avtomobilnyh detalej metallopokrytiyami / V.A. SHadrichiev – M: Mashgiz, 1963. – 295s.
3. CHernoivanov V.I. Organizaciya i tekhnologiya vosstanovleniya detalej mashin. / V.I. CHernoivanov, V.P. Lyalyakin – M: 2003. – 488s.
4. Puchin E.A. Tekhnologiya remonta mashin / E. A. Puchina – M.: «Kolos», 2007. – 487s.
5. Lyalyakin, V.P. Vosstanovlenie detalej – vazhnoe napravlenie importozameshcheniya pri ekspluatatsii selskohozyajstvennoj tekhniki / V.P. Lyalyakin – Trudy GOSNITI, 2015. – T. 119. – S. 183-192.
6. Lyalyakin, V.P. Perspektivy vosstanovleniya detalej selskohozyajstvennoj tekhniki / V.P. Lyalyakin, I.G. Golubev – Tekhnika i oborudovanie dlya sela, 2016. – № 4. – S. 41-43.
7. Ushanov, V.A. Prognozirovaniye sootnosheniya vidov remontnyh rabot pri tekhnicheskome servise mashin v APK / V.A. Ushanov, V.P. Lyalyakin, N.M. Maksimenko – Trudy GOSNITI, 2016. – T. 122. – S. 127-131.
8. Ferromagnitnaya shihta dlya dugovoj naplavki detalej mashin, izgotovlennyh iz zhelezouglerodistykh splavov: pat. 2448823 Rossijskaya Federaciya: MPK B23K 35/36 / E.L. Makarov, V.G. Vyalkov, S.N. Glazunov, A.V. Kononov, D.V. Apraksin – № 2010104100/02; zayavl. 09.02.2010; opubl. 27.04.2012, Byul. № 12. – 7 s.
9. Glazunov S.N. Modernizirovannoe oborudovanie dlya vosstanovleniya detalej mashin s gorizontальной osyu vrashcheniya / S.N. Glazunov, V.G. Vyalkov, P.A. Tsirkov – Trudy GOSNITI - T. 115 – 2014 - 256-261 s.
10. Vyalkov V.G. Raschyot himicheskogo sostava naplavochnyh materialov i naplavlennogo sloya pri elektrodugovoj naplavke ferromagnitnoj shihtoj / V.G. Vyalkov, S.N. Glazunov, P.A. Tsirkov – Trudy GOSNITI, 2018. – T. 130. – S. 232-237.

Vyalkov Vadim Gennadievich
Bauman Moscow State Technical
University
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of Department
«Technology of Materials Working»
105005, Moscow, 2nd Baumanskaya
str., 5
Phone: +7 (499) 267-02-36
E-mail: vgv1204@yandex.ru

Glazunov Sergey Nikolaevich
Bauman Moscow State Technical
University
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of Department
«Technology of Materials
Working»
105005, Moscow, 2nd
Baumanskaya str., 5

Tsirkov Pavel Alexandrovich
Bauman Moscow State Technical
University
Senior Lecturer of Department
«Technology of Materials Working»
105005, Moscow, 2nd Baumanskaya
str., 5
Phone: +7 (499) 267-02-36
E-mail: tsirkovpa@bmstu.ru

УДК 629.053

DOI: 10.33979/2073-7408-2020-342-4-2-117-123

З.А. ГОДЖАЕВ, Н.С. КРЮКОВСКАЯ, Е.Н. ИЛЬЧЕНКО, И.С. АЛЕКСЕЕВ, Т.З. ГОДЖАЕВ

КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ СТЕНДА ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМ ЗЕРНОУБОРОЧНЫМ КОМБАЙНОМ

Аннотация. Разработка роботизированных и беспилотных мобильных энергосредств (МЭС) является приоритетным направлением развития сельскохозяйственного производства во всем мире. Для того, чтобы МЭС стало беспилотным, его необходимо оснастить системой автоматического управления, позволяющей управлять МЭС без участия человека. Для разработки алгоритмов управляющего воздействия и реакций системы управления, а также выявления и устранения некорректной ее работы, необходимо создание специализированных стационарных стендов. Стенды должны имитировать реальные условия работы беспилотных МЭС с максимальной точностью. В данной статье представлена концепция создания имитационного стенда для испытания системы управления беспилотным зерноуборочным комбайном, позволяющего проанализировать работу системы управления в условиях, максимально приближенных к реальным. Представлена функциональная схема стенда и гидравлические схемы отдельных имитационных узлов, которые должны стать основой при разработке конструкции стенда в целом.

Ключевые слова: беспилотный зерноуборочный комбайн, система управления, имитационный стенд, многокритериальная задача, сигналы возмущающих воздействий.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в целях достижения результатов проекта по лоту шифр №2019-05-576-0001 (шифр заявки 2019-05-576-0001-234), Соглашение №075-15-2019-1692, от 06.12.2019 г. Уникальный идентификатор проекта RFMEFI60419X0225.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артеменко, М.Н. Тенденции развития беспилотных роботизированных комплексов. Опыт отечественных и зарубежных производителей / М.Н. Артеменко, П.А. Корчагин, И.А. Тетерина // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2019. – № 4 (68). – С. 416-430.
2. Годжаев, З.А. Тенденции развития сельскохозяйственной робототехники / З.А. Годжаев, А.П. Гришин, А.А. Гришин, В.А. Гришин // Автомобильная промышленность. – 2016. – №6. – С. 35-38.
3. Годжаев, З.А. Беспилотное мобильное энергосредство сельскохозяйственного назначения / З.А. Годжаев, А.П. Гришин, А.А. Гришин, В.А. Гришин // Тракторы и сельхозмашины. – 2016. – № 10. – С. 41-44.
4. Годжаев, З.А. Перспективные проекты по созданию роботизированных мобильных энергетических средств сельскохозяйственного назначения / З.А. Годжаев, С.Е. Сенькевич, В.А. Кузьмин // материалы XII мультиконференции по проблемам управления (МКПУ-2019). – 2019. – С. 127-129.
5. Годжаев, З.А. Перспективы применения автоматизированных и роботизированных электроприводов на мобильных энергосредствах и рабочих органах сельхозмашин / З.А. Годжаев, А.Ю. Измайлов, Ю.Ф. Лачуга, Ю.Х. Шогенов // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. – 2018. – № 2 (36). – С.41-47.
6. Годжаев, З.А. Тенденции развития средств мехатроники, автоматизации и роботизации для синтеза новых высокопроизводительных технологий, и машин в сельском хозяйстве / З.А. Годжаев, В.К. Хорошенков, Н.Т. Гончаров, Е.Н. Ильченко // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2018. – №3 (329). – С. 4-16.
7. Жалнин, Э.В. Концептуальные принципы интеллектуальных сельскохозяйственных машин на примере зерноуборочного комбайна / Э.В. Жалнин, З.А. Годжаев, С.Н. Флоренцев // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2017. – № 6. – С. 9-16.
8. Костомахин, М.Н. Экспериментальная система дистанционного мониторинга технического состояния самоходных сельскохозяйственных машин / М.Н. Костомахин, Н.А. Петрищев, А.Н. Воронов, А.С. Саяпин // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2019. – № 10. – С.48-57.
9. Измайлов, А.Ю. Робототехника в агрономии точного земледелия / А.Ю. Измайлов, З.А. Годжаев, В.Г. Сычев, Р.А. Афанасьев // Плодородие. – 2018. – №1 (100). – С. 53-57.
10. Лурье, А.Б. Статическая динамика сельскохозяйственных агрегатов / А.Б. Лурье - Л.: Колос, 1970. – 370 с.
11. Бровцин, В.И. Моделирование микропрофиля поверхности полей и дорог / В.И. Бровцин // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2015. – № 86. – С. 59-68.

Годжаев Захид Адыгезалович
ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
д.т.н., профессор, зам.
директора по инновационной и
внедренческой деятельности,
fic51@mail.ru

Крюковская Наталья Сергеевна
ФГБНУ ФНАЦ ВИМ,
научный сотрудник,
robotchch@gmail.com

Ильченко Екатерина Николаевна
ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
инженер
kat-sama@mail.ru

Алексеев Илья Сергеевич
ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
инженер
dreeddog@mail.ru

Годжаев Теймур Захдович
ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
зав. сектором
tgodzhaev95@yandex.ru

Z.A. GODZHAEV, N.S. KRYUKOVSKAYA, E.N. ILCHENKO,
I.S. ALEKSEEV, T.Z. GODZHAEV

THE CONCEPT OF CREATING A STAND FOR TESTING THE CONTROL SYSTEM OF AN UNMANNED COMBINE HARVESTER

Abstract. The development of robotic and unmanned mobile energy facilities (MEF) is a priority for the development of agricultural production worldwide. In order for the MEF to become unmanned, it must be equipped with an automatic control system that allows you to control the MEF without human intervention. To develop algorithms for the control action and reactions of the control system, as well as to identify and eliminate its incorrect operation, it is necessary to create specialized stationary stands. The stands should simulate the real working conditions of unmanned MEF with maximum accuracy. This article presents the concept of creating a simulation stand for testing the control system of an unmanned combine harvester, which allows you to analyze the operation of the control system in conditions as close as possible to real ones. A functional diagram of the stand and hydraulic circuits of individual simulation units are presented, which should become the basis for the development of the stand design as a whole.

Keywords: *unmanned combine harvester, control system, simulation stand, multi-criteria task, signals of disturbing influences.*

BIBLIOGRAPHY

1. Artemenko, M.N. Tendencii razvitiya bespilotnyh robotizirovannyh kompleksov. Opyt otechestvennyh i zarubezhnyh proizvoditelej / M.N. Artemenko, P.A. Korchagin, I.A. Teterina // Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo avtomobilno-dorozhnogo universiteta. - 2019. - № 4 (68). - S. 416-430.
2. Godzhaev, Z.A. Tendencii razvitiya sel'skohozyajstvennoj robototekhniki / Z.A. Godzhaev, A.P. Grishin, A.A. Grishin, V.A. Grishin // Avtomobilnaya promyshlennost. - 2016. - №6. - S. 35-38.
3. Godzhaev, Z.A. Bespilotnoe mobilnoe energosredstvo sel'skohozyajstvennogo naznacheniya / Z.A. Godzhaev, A.P. Grishin, A.A. Grishin, V.A. Grishin // Traktory i sel'hoz mashiny. - 2016. - № 10. - S. 41-44.
4. Godzhaev, Z.A. Perspektivnye proekty po sozdaniyu robotizirovannyh mobilnyh energeticheskikh sredstv sel'skohozyajstvennogo naznacheniya / Z.A. Godzhaev, S.E. Senkevich, V.A. Kuzmin // materialy XII multikonferencii po problemam upravleniya (MKPU-2019). - 2019. - S. 127-129.
5. Godzhaev, Z.A. Prospects for the use of automated and robotic electric drives on mobile power tools and working bodies of agricultural machines / Z.A. Godzhaev, A.YU. Izmailov, YU.F. Lachuga, YU.H. Shogenov // Bulletin of the Moscow State Technical University MAMI. - 2018. - № 2 (36). - S.41-47.
6. Godzhaev, Z.A. Tendencii razvitiya sredstv mekhatroniki, avtomatizacii i robotizacii dlya sinteza novykh vysokoproizvoditelnyh tekhnologij, i mashin v sel'skom hozyajstve / Z.A. Godzhaev, V.K. Horoshenkov, N.T. Goncharov, E.N. Ilchenko // Fundamentalnye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii. - 2018. - №3 (329). - S. 4-16.
7. ZHalnin, E.V. Konceptualnye principy intellektualnyh sel'skohozyajstvennyh mashin na primere zernouborochnogo kombajna / E.V. ZHalnin, Z.A. Godzhaev, S.N. Florentsev // Sel'skohozyajstvennye mashiny i tekhnologii. - 2017. - № 6. - S. 9-16.
8. Kostomahin, M.N. Eksperimentalnaya sistema distancionnogo monitoringa tekhnicheskogo sostoyaniya samohodnyh sel'skohozyajstvennyh mashin / M.N. Kostomahin, N.A. Petrishchev, A.N. Voronov, A.S. Sayapin // Sel'skohozyajstvennaya tekhnika: obsluzhivanie i remont. - 2019. - № 10. - S.48-57.
9. Izmajlov, A.YU. Robototekhnika v agronomii tochnogo zemledeliya / A.YU. Izmajlov, Z.A. Godzhaev, V.G. Sychev, R.A. Afanasev // Plodorodie. - 2018. - №1 (100). - S. 53-57.
10. Lure, A.B. Staticheskaya dinamika sel'skohozyajstvennyh agregatov / A.B. Lure - L.: Kolos, 1970. - 370 c.
11. Brovcin, V.I. Modelirovanie mikroprofilya poverhnosti polej i dorog / V.I. Brovcin // Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produkcii rastenievodstva i zhivotnovodstva. -2015. -№ 86. - S. 59-68.

Godzhaev Zahid Adygezalovich
FSAC VIM
doctor of technical Sciences,
Professor, Deputy Director for
innovation and implementation,
fic51@mail.ru;

Kryukovskaya Natalya Sergeevna
FSAC VIM
research officer,
robotchch@gmail.com

Ilchenko Ekaterina Nikolaevna
FSAC VIM
engineer
kat-sama@mail.ru

Alekseev Ilya Sergeevich
FSAC VIM
engineer
dreeddog@mail.ru

Godzhaev Teymur Zakhidovich
FSAC VIM
sector head
tgodzhaev95@yandex.ru

УДК 621.438

DOI: 10.33979/2073-7408-2020-342-4-2-124-135

А.В. ДОЛОГЛОНЯН, В.Т. МАТВЕЕНКО

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕСТНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ХОЛОДА В КОМБИНИРОВАННЫХ ЦИКЛАХ МИКРОГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Аннотация. Предметом рассмотрения в статье являются методы усложнения циклов микрогазотурбинных установок (МГТУ) с целью дальнейшего повышения их экономичности. Выбрано направление более глубокой утилизации теплоты выхлопных газов МГТУ превратив ее в работу в установке

органического цикла Ренкина (ОЦР), а также использование местных климатических ресурсов холода. Установлено, что применение дополнительной паровой турбины в составе установки ОЦР комбинированной МГТУ позволяет поднять ее эффективный КПД с октября по март на 2...4 % в зависимости от конфигурации базовой МГТУ, что обеспечивает приrost среднегодового эффективного КПД на 1...2 %. Показано, что установка ОЦР на R-134a не позволяет полностью использовать температурный потенциал газов базовых МГТУ, поскольку температура разложения ниже температуры газов базовой МГТУ, поэтому эффективный КПД всех конфигураций комбинированных МГТУ с использованием R-134a ниже аналогичных с использованием аммиака на 2...5 %.

Ключевые слова: микрогазотурбинная установка, регенерация теплоты, турбина перерасширения, турбокомпрессорный утилизатор, органический цикл Ренкина, дополнительная турбина, рабочее тело, климатический ресурс холода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гамаюнов С.Н. Перспективные технологии распределенной энергетики в агробизнесе: монография / С.Н. Гамаюнов. Тверь: ООО «Издательство «Триада», 2011. – 160 с.
2. Jaatinen-Värri A, Nerg J, Uusitalo A, et al. Design of a 400 kW Gas Turbine Prototype. ASME. Turbo Expo: Power for Land, Sea, and Air, Volume 8: Microturbines, Turbochargers and Small Turbomachines; Steam Turbines():V008T23A007. doi:10.1115/GT2016-56444.
3. Кулагин Я.В. Разработка и исследование микро газотурбинных установок для автономного энергоснабжения сельскохозяйственных объектов: дис. канд. техн. наук: 05.20.02 / ФГБНУ ВИЭСХ. Москва, 2015. 135 с.
4. Матвеев В.Т. Глубокая утилизация теплоты в газотурбинных двигателях с турбиной перерасширения / В.Т. Матвеев // Промышленная теплотехника. – 1997. – Т. 19. – № 4-5. – С. 81-85.
5. Matviinko V. Variable regimes operation of cogenerative gas -turbine engines with overexpansion turbine / V. Matviinko, V. Ocheretianiy // Proceedings of ASME Turbo Expo 2010: Power of Land, Sea and Air 'GT2010, June 14-18, 2010, Glasgow, UK, GT2010-22029.
6. Matviienko V. Gas Turbine Plant with Overexpansion Turbine and Heat Regeneration in the Ship Propulsion Complex / V. Matviienko, O. Andriets, V. Ochretianjy // Proceedings of ASME Turbo Expo 2014: June 16-20, 2014, Dusseldorf, Germany.
7. Matviienko V. Working Process Control in a Ship Gas Turbine Engine of Complex Cycle / V/ Matviienko, V. Ocheretianiy // Proceedings of ASME Turbo Expo 2016: June 13-17, 2016, Seoul, South Korea.
8. Дологлонян А.В. Выбор рабочего тела и оптимизация параметров органического цикла Ренкина / А.В. Дологлонян, В.Т. Матвеев // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – Орел: ОГУ им. И.С. Тургенева, 2019. – № 5 (337). – С. 139-151.
9. Diener OF, van der Spuy SJ, von Backström TW, Hildebrandt T. Multi-Disciplinary Optimization of a Mixed-Flow Compressor Impeller. ASME. Turbo Expo: Power for Land, Sea, and Air, Volume 8: Microturbines, Turbochargers and Small Turbomachines; Steam Turbines ():V008T23A021. doi:10.1115/GT2016-57008.
10. Deng, Qing-Hua & Shao, Shuai & Fu, Lei & Luan, Hai-Feng. (2018). An Integrated Design and Optimization Approach for Radial Inflow Turbines – Part I: Automated Preliminary Design. Applied Sciences. 8. 2038. 10.3390/app8112038.
11. Арбеков А.Н. Теория и проектирование газотурбинных и комбинированных установок / А.Н. Арбеков, А.Ю. Вараксин, Э.А. Мнушин, В.Е. и др. – М. Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. – 678 с.
12. Vick, Michael & Young, Trent & Kelly, Matthew & Tuttle, Steven & Hinnant, Katherine. (2016). A Simple Recuperated Ceramic Microturbine: Design Concept, Cycle Analysis, and Recuperator Component Prototype Tests. V008T23A030. 10.1115/GT2016-57780.
13. Дологлонян А.В. Оптимизация степени регенерации для циклов микрогазотурбинных установок / А.В. Дологлонян, В.Т. Матвеев // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – Орел: ОГУ им. И.С. Тургенева, 2020. – № 3 (341). – С. 59-66.
14. Дологлонян А.В. Термодинамические характеристики комбинированных циклов микрогазотурбинных двигателей для распределенной энергетики / А.В. Дологлонян, В.Т. Матвеев // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – Орел: ОГУ им. И.С. Тургенева, 2020. – № 4 (342). – С. 130-143.
15. A Novel Concept for Reducing Water Usage and Increasing Efficiency in Power Generation. Final Report U.S. Department of Energy. National Energy Technology Laboratory. Pittsburgh, PA. March 2004 DOE Award No.: DE-FG26-02NT41544.
16. [Электронный ресурс]. – 2020. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Климат_Якутска (дата обращения 11.05.20).
17. [Электронный ресурс]. – 2020. – URL: http://neochemical.ru/File/DOWTHERM_A_TDS_Russian.pdf (дата обращения 11.05.20).
18. [Электронный ресурс]. – 2020. – URL: <https://webbook.nist.gov/chemistry/fluid/> (дата обращения 11.05.20).

Дологлонян Андрей Вартазарович
ФГБНУ Институт природно-технических систем,
Российская Федерация, г. Севастополь
Кандидат технических наук, зав. лабораторией
E-mail: dologlonyan@hotmail.com

Матвеев Валерий Тимофеевич
ФГБНУ Институт природно-технических систем
Российская Федерация, г. Севастополь
Доктор технических наук, профессор
E-mail: mvt3900@mail.ru

A.V. DOLOGLONYAN, V.T. MATVIENKO

USE OF LOCAL COLD CLIMATE RESOURCES IN COMBINED CYCLES OF MICROGAS TURBINE ENGINES FOR DISTRIBUTED POWER ENGINEERING

Abstract. The subject of this article is methods of complicating of microgas turbine plants (MGTP) cycles in order to further increase their efficiency. The direction of a deeper utilization of the heat of exhaust gases of MGTP was chosen, turning it into work in the organic Rankine cycle (OCR) plant, as well as the use of local climatic cold resources. It has been established that the use of an additional steam turbine as part of the OCR combined MGTP allows to increase its efficiency from October to March on 2... 4% depending on the configuration of the basic MGTP, which ensures an increase in the average annual efficiency on 1... 2%. It is shown that the OCR plant on R-134a does not allow the full use of the temperature potential of the gases of the base MGTP, since the decomposition temperature is lower than the temperature of the gases of the base MGTP, therefore the efficiency of all configurations of combined MGTP using R-134a is lower than the analogous ones using ammonia on 2... 5%.

Keywords: microgas turbine plant, heat recovery, overexpansion turbine, turbocompressor utilizer, organic Rankine cycle, additional turbine, working fluid, cold climate resource.

BIBLIOGRAPHY

1. Gamayunov S.N. Perspektivnyye tekhnologii raspredelennoy energetiki v agrobiznese: monografiya / S.N. Gamayunov. Tver': OOO «Izdatel'stvo «Triada», 2011. – 160 s.
2. Jaatinen-Värrä A, Nerg J, Uusitalo A, et al. Design of a 400 kW Gas Turbine Prototype. ASME. Turbo Expo: Power for Land, Sea, and Air, Volume 8: Microturbines, Turbochargers and Small Turbomachines; Steam Turbines():V008T23A007. doi:10.1115/GT2016-56444.
3. Kulagin YA.V. Razrabotka i issledovaniye mikro gazoturbinnnykh ustanovok dlya avtonomnogo energosnabzheniya sel'skokhozyaystvennykh ob'yektov: dis. kand. tekhn. nauk: 05.20.02 / FGBNU VIESKH. Moskva, 2015. 135 s.
4. Matvienko V.T. Glubokaya utilizatsiya teploty v gazoturbinnnykh dvigatelyakh s turbinoy pererasshireniya / V.T. Matvienko // Promyshlennaya teplotekhnika. – 1997. – T. 19. – № 4-5. – S. 81-85.
5. Matvienko V. Variable regimes operation of cogenerative gas -turbine engines with overexpansion turbine/ V.Matvienko, V. Ocheretianiy // Procecoligs of ASME Turbo Expo 2010: Power of Land, Sea and Air 'GT2010, June 14-18, 2010, Glasgow, UK, GT2010-22029.
6. Matvienko V. Gas Turbine Plant with Overexpansion Turbine and Heat Regeneration in the Ship Propulsion Complex / V. Matvienko, O. Andriets, V. Ochretianjy // Proceedings of ASME Turbo Expo 2014: June 16-20, 2014, Dusseldorf, Germany.
7. Matvienko V. Working Process Control in a Ship Gas Turbine Engine of Complex Cycle / V/ Matvienko, V. Ocheretianiy // Procecoling of ASME Turbo Expo 2016: June 13-17, 2016, Seoul, South Korea.
8. Dologlonyan A.V. Vybór rabochego tela i optimizatsiya parametrov organicheskogo tsikla Renkina / A.V. Dologlonyan, V.T. Matvienko // Fundamental'nyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii. – Orel: OGU im. I.S. Turgeneva, 2019. – № 5 (337). – S. 139-151.
9. Diener OF, van der Spuy SJ, von Backström TW, Hildebrandt T. Multi-Disciplinary Optimization of a Mixed-Flow Compressor Impeller. ASME. Turbo Expo: Power for Land, Sea, and Air, Volume 8: Microturbines, Turbochargers and Small Turbomachines; Steam Turbines ():V008T23A021. doi:10.1115/GT2016-57008.
10. Deng, Qing-Hua & Shao, Shuai & Fu, Lei & Luan, Hai-Feng. (2018). An Integrated Design and Optimization Approach for Radial Inflow Turbines – Part I: Automated Preliminary Design. Applied Sciences. 8. 2038. 10.3390/app8112038.
11. Arbekov A.N. Teoriya i proyektirovaniye gazoturbinnnykh i kombinirovannykh ustanovok / A.N. Arbekov, A.YU. Varaksin, E.A. Mnushin, V.Ye i dr. – M. Izdatel'stvo MGTU im. N.E. Bauman, 2017. – 678 s.
12. Vick, Michael & Young, Trent & Kelly, Matthew & Tuttle, Steven & Hinnant, Katherine. (2016). A Simple Recuperated Ceramic Microturbine: Design Concept, Cycle Analysis, and Recuperator Component Prototype Tests. V008T23A030. 10.1115/GT2016-57780.
13. Dologlonyan A.V. Optimizatsiya stepeni regeneratsii dlya ciklov mikrogazoturbinnnykh ustanovok / A.V. Dologlonyan, V.T. Matveenko // Fundamental'nye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii. – Orel: OGU im. I.S. Turgeneva, 2020. – № 3 (341). – S. 59-66.
14. Dologlonyan A.V. Termodinamicheskie karakteristiki kombinirovannykh ciklov mikrogazoturbinnnykh dvigatelej dlya raspredelennoj energetiki / A.V. Dologlonyan, V.T. Matveenko // Fundamental'nye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii. – Orel: OGU im. I.S. Turgeneva, 2020. – № 4 (342). – S. 130-143.
15. A Novel Concept for Reducing Water Usage and Increasing Efficiency in Power Generation. Final Report U.S. Department of Energy. National Energy Technology Laboratory. Pittsburgh, PA. March 2004 DOE Award No.: DE-FG26-02NT41544.
16. [Electronic resource]. - 2020. - URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Klimat_Yakutsk (accessed 11.05.20).
17. [Electronic resource]. - 2020. - URL: http://neochemical.ru/File/DOWTHERM_A_TDS_Russian.pdf (accessed 11.05.20).
18. [Electronic resource]. - 2020. - URL: <https://webbook.nist.gov/chemistry/fluid/> (accessed 11.05.20).

FSBSI Institute of nature and technical systems,
Russian Federation, Sevastopol
Candidate of Technical Sciences, Chief of Laboratory,
E-mail: dologlonyan@hotmail.com

FSBSI Institute of nature and technical systems,
Russian Federation, Sevastopol
Doctor of Technical Sciences, Professor
E-mail: mvt3900@mail.ru

УДК 539.37

DOI: 10.33979/2073-7408-2020-342-4-2-136-140

А.В. НЕМЕНКО, М.М. НИКИТИН

ЛИНЕЙНАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ ПОЛОЖЕНИЯ КОНТРОЛИРУЕМОГО ОБЪЕКТА

Аннотация. Рассмотрен метод неконтактного измерения перемещений контролируемой конструкции с помощью её сканирования излучением оптического диапазона с фиксацией точки приема отраженного излучения. Показано, что при согласовании положения принимающего и передающего блоков достигается высокая чувствительность метода. Для практического применения метода требуется установка на контролируемом объекте приемного и передающего блока и зеркальной технологической площадки.

Ключевые слова: реконструкция поверхности, неконтактная диагностика, стрелка прогиба.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Nicholas T. High cycle fatigue. A mechanics of materials perspective/T. Nicholas – Elsevier, 2006. – 656 p.
2. Lee Y.-L. Fatigue testing and analysis. Theory and practice./Y.-L. Lee, J. Pan, R. Hathaway, M. Barkey – Elsevier, 2004. – 416 p.
3. Трощенко В.Т. Сопротивление усталости металлов и сплавов. Справочник. Часть 1./В.Т. Трощенко, Л.А. Сосновский//К.: Наукова Думка, 1987 – 346 с.
4. Иванова В. С. Природа усталости металлов/ В.С. Иванова, В.Ф. Терентьев//М.: Металлургия, 1975. – 456 с.
5. Неменко А.В. Прикладные вопросы оценки технического состояния судовых механических систем/А.В. Неменко, М.М. Никитин - М.: Инфра-М, 2017 – 172 с.
6. Сурин В.И., Занько В.И., Бирюков А.П. Диагностика образования и роста усталостных трещин в тонких металлических пластинах // Информационные технологии в проектировании и производстве – 2013 – №3(151) – С. 71 – 76.

Неменко Александра Васильевна
ФГАОУ «Севастопольский государственный
университет», г. Севастополь
Кандидат технических наук, доцент кафедры
«Техническая механика и машиноведение»
299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33
Тел. +79788330519
E-mail: valesan@list.ru

Никитин Михаил Михайлович
ФГАОУ «Севастопольский государственный
университет», г. Севастополь
Аспирант кафедры «Высшая математика»
299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33
Тел. +79788150316
E-mail: m.nikitin.1979@gmail.com

A.V. NEMENKO, M.M. NIKITIN

LINEAR RECONSTRUCTION OF THE CONTROLLED OBJECT POSITION

Abstract. We consider the method of non-contact measurement of the displacements of a controlled structure using its scanning by radiation of the optical range with fixing the point of reception of reflected radiation. We show that when coordinating the position of the receiving and transmitting blocks, a high sensitivity of the method is achieved. For the practical application of the method, the installation of a receiving and transmitting unit and a mirror technological site at a controlled facility is required.

Keywords: surface reconstruction, non-contact diagnostics, deflection arrow.

BIBLIOGRAPHY

1. Nicholas T. High cycle fatigue. A mechanics of materials perspective/T. Nicholas – Elsevier, 2006. – 656 p.
2. Lee Y.-L. Fatigue testing and analysis. Theory and practice./Y.-L. Lee, J. Pan, R. Hathaway, M. Barkey – Elsevier, 2004. – 416 p.
3. Troshhenko V.T. Soprotivlenie ustalosti metallov i splavov. Spravochnik. Chast' 1./V.T. Troshhenko, L.A. Sosnovskij//K.: Naukova Dumka, 1987 – 346 s.
4. Ivanova V. S. Priroda ustalosti metallov/ V.S. Ivanova, V.F. Terent'ev//M.: Metallurgija, 1975. – 456 s.
5. Nemenko A.V. Prikladnye voprosy ocenki tehnikeskogo sostojanija sudovyh mehanicheskikh sistem/A.V. Nemenko, M.M. Nikitin - M.: Infra-M, 2017 – 172 s.
6. Surin V.I., Zan'ko V.I., Birjukov A.P. Diagnostika obrazovaniya i rosta ustalostnykh treshhin v tonkih metallicheskih plastinakh // Informacionnye tehnologii v proektirovanii i proizvodstve – 2013 – №3(151) – S. 71 – 76.

Nemenko Alexandra Vasilevna

FSAEI HE Sevastopol State University, Sevastopol
Ph.D. in Tech Science, assistant professor of chair
«Technical Mechanics and Machine Science»
Universitetskaya st, 33, Sevastopol, Russian Federation,
299053
Phone. +79788330519
E-mail: valesan@list.ru

Nikitin Michael Michaelevich

FSAEI HE Sevastopol State University, Sevastopol
Post-graduate student of chair «Higher Mathematics »
Universitetskaya st, 33, Sevastopol, Russian Federation,
299053
Phone +79788150316
E-mail: m.nikitin.1979@gmail.com

УДК 621.9-219.1-752

DOI: 10.33979/2073-7408-2020-342-4-2-141-151

А.О. ХАРЧЕНКО, С.М. БРАТАН, Е.А. ВЛАДЕЦКАЯ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ИНСТРУМЕНТА И ЗАГОТОВКИ ПРИ КРУГЛОМ ШЛИФОВАНИИ В ПЛАВУЧИХ МАСТЕРСКИХ

Аннотация. В статье проведен анализ результатов моделирования динамических процессов при круглошлифовальной обработке деталей. Представлены модели в виде экспериментальных зависимостей амплитуды колебаний от времени шлифования; модели процесса взаимосвязи сил резания и регулирующих воздействий; полученной функции динамической точности, характеризующей траекторию движения и относительные колебания шлифовального круга и детали; модели оценки влияния величины регулируемой нормальной силы шлифования на протекание радиального изнашивания шлифовального круга, объемной производительности и основного времени шлифования, шероховатости поверхности детали, обработанной кругами с различными характеристиками. Модели круглого наружного шлифования в виде совокупности дифференциальных уравнений, характеризующих динамику перемещений центров круга, заготовки и изменения фактической глубины резания, наиболее приемлемы для использования при реализациях процедур стохастического наблюдения и фильтрации. Они приняты за основу при стабилизации параметров технологической системы с учетом воздействий оборудования и внешней среды (волнений водной поверхности) на станок в плавучих мастерских.

Ключевые слова: шлифовальный станок, вынужденные колебания, математическая модель процесса шлифования, формирующий фильтр, стохастическое наблюдение, фильтрация, плавучая мастерская.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кедров С.С. Колебания металлорежущих станков / С.С. Кедров. – М.: Машиностроение, 1978. – 199 с.
2. Михелькевич В.Н. Автоматическое управление шлифованием / В.И. Михелькевич. – М.: Машиностроение, 1975. – 304 с.
3. Прилуцкий В.А. Технологические методы снижения волнистости поверхностей / В.А. Прилуцкий. – М.: Машиностроение, 1998. – 136 с.
4. Бурек Ян. Адаптивное регулирование процессом врезного шлифования валов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.03.01 / Бурек Ян. – К., 1997. – 32 с.
5. Ушаков А.М. Структурно-параметрический синтез процесса круглого шлифования с адаптивным управлением: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.08 / Ушаков Алексей Михайлович. – Харьков, 1998. – 20 с.
6. Братан С.М. Определение состояния равновесия динамической системы при круглом шлифовании / С.М. Братан, Оптимизация производственных процессов: сб. науч. тр. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2009. – №11. – С. 102-106.
7. Новоселов Ю.К. Стохастическая диагностика взаимодействия инструмента и заготовки при круглом наружном шлифовании / Ю.К. Новоселов, С.М. Братан // Современные технологии в машиностроении: сб. науч. стат.; под общ. ред. А.И. Грабченко. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2007. – С. 91-102.

8. Новоселов Ю.К. Динамика формообразования поверхностей при абразивной обработке / Ю.К. Новоселов. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2012. – 304 с.

9. Братан С.М. Повышение качества деталей при шлифовании в условиях плавучих мастерских: монография/ С.М. Братан, Е.А. Владецкая, Д.О. Владецкий, А.О. Харченко. – М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2018. – 154 с.

10. Братан С.М. Обеспечение качества деталей при круглом шлифовании в условиях плавучих мастерских / С.М. Братан, А.О. Харченко, Е.А. Владецкая // Вестник Иркутского государственного технического университета, 2018. – Т. 22, № 12 (143). – С. 21-34.

Харченко Александр Олегович
ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет»,
г. Севастополь
Кандидат технических наук,
профессор кафедры «Технология
машиностроения»
299053, г. Севастополь, ул.
Университетская, 33
Тел. 54-05-57
E-mail: khao@list.ru

Братан Сергей Михайлович
ФГАОУ ВО
«Севастопольский
государственный
университет», г. Севастополь
Доктор технических наук,
профессор, заведующий
кафедрой «Технология
машиностроения»
299053, г. Севастополь, ул.
Университетская, 33
Тел. 54-05-57
E-mail: serg.bratan@gmail.com

Владецкая Екатерина Александровна
ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет»,
г. Севастополь
Кандидат технических наук, доцент
кафедры «Технология машиностроения»
299053, г. Севастополь, ул.
Университетская, 33
Тел. 54-05-57
E-mail: vladetska@rambler.ru

A.O. KHARCHENKO, S.M. BRATAN, E.A. VLADETSKAYA

SIMULATION OF THE DYNAMIC IMPACT OF TOOLS AND WORKPIECES DURING ROUND GRINDING IN FLOATING WORKSHOPS

Abstract. *The article analyzes the results of modeling dynamic processes during circular grinding of parts. Models are presented in the form of experimental dependences of the vibration amplitude on the grinding time; models of the process of interrelation of cutting forces and control actions; the obtained function of dynamic accuracy, which characterizes the trajectory of motion and relative oscillations of the grinding wheel and the part; models for assessing the influence of the value of an adjustable normal grinding force on the course of radial wear of a grinding wheel, volumetric productivity and basic grinding time, surface roughness of a part processed by wheels with different characteristics. Models of external cylindrical grinding in the form of a set of differential equations characterizing the dynamics of displacements of the centers of the wheel, workpiece and changes in the actual depth of cut are most acceptable for use in the implementation of stochastic observation and filtration procedures. They are taken as a basis for stabilizing the parameters of the technological system, taking into account the effects of equipment and the external environment (waves of the water surface) on the machine in floating workshops.*

Keywords: *grinding machine, forced vibration, mathematical model of the grinding process, shaping filter, stochastic observation, filtration, floating workshop.*

BIBLIOGRAPHY

1. Kedrov S.S. Kolebaniya metallovezhushchikh stankov (*Oscillations of metal-cutting machines*) / S.S. Kedrov. – М.: Mashinostroyeniye, 1978. – 199 s.
2. Mikhelkevich V.N. Avtomaticheskoye upravleniye shlifovaniyem (*Automatic control of grinding*) / V.I. Mikhelkevich. – М.: Mashinostroyeniye, 1975. – 304 s.
3. Prilutskiy V.A. Tekhnologicheskiye metody snizheniya volnistosti poverkhnostey (*Technological methods for reducing surface waviness*) / V.A. Prilutskiy. – М.: Mashinostroyeniye, 1998. – 136 s.
4. Burek Yan. Adaptivnoye regulirovaniye protsessom vreznogo shlifovaniya valov (*Adaptive control of the process of plunge-cut grinding of shafts*): avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.03.01 / Burek Yan. – К., 1997. – 32 s.
5. Ushakov A.M. Strukturno-parametricheskij sintez protsessa shlifovaniya s adaptivnym upravleniyem (*Structural and parametric synthesis of the cylindrical grinding process with adaptive control*): avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.02.08 / Ushakov Aleksey Mikhaylovich. – Kharkov, 1998. – 20 s.
6. Bratan S.M. Opredeleniye sostoyaniya ravnovesiya dinamicheskoy sistemy pri kruglom shlifovanii (*Determination of the equilibrium state of a dynamic system during circular grinding*) / S.M. Bratan, Optimizatsiya proizvodstvennykh protsessov: sb. nauch. tr. – Sevastopol: Izd-vo SevNTU, 2009. – №11. – S. 102-106.
7. Novoselov Yu.K. Stokhasticheskaya diagnostika vzaimodeystviya instrumenta i zagotovki pri kruglom naruzhnom shlifovanii (*Stochastic diagnostics of the interaction of the tool and the workpiece in external circular*

grinding) / Yu.K. Novoselov, S.M. Bratan // *Sovremennyye tekhnologii v mashinostroyenii: sb. nauch stat.; pod obshch. red. A.I. Grabchenko.* – Kharkov: NTU «KHPI», 2007. – S. 91-102.

8. Novoselov Yu.K. *Dinamika formoobrazovaniya poverkhnostey pri abrazivnoy obrabotke (Dynamics of surface shaping during abrasive processing)* / Yu.K. Novoselov. – Sevastopol: Izd-vo SevNTU, 2012. – 304 s.

9 Bratan S.M. *Povysheniye kachestva detaley pri shlifovanii v usloviyakh plavuchikh masterskikh: monografiya (Improving the quality of parts during grinding in the conditions of floating workshops)* / S.M. Bratan, Ye.A. Vladetskaya, D.O. Vladetskiy, A.O. Kharchenko. – M.: Vuzovskiy uchebnik: INFRA-M, 2018. – 154 s.

10. Bratan S.M. *Obespecheniye kachestva detaley pri kruglom shlifovanii v usloviyakh plavuchikh masterskikh (Quality assurance of parts during circular grinding in the conditions of floating workshops)* / S.M. Bratan, A.O. Kharchenko, Ye.A. Vladetskaya // *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2018. – T. 22, № 12 (143). – S. 21-34.

Kharchenko Alexander Olegovich
"Sevastopol State University",
Sevastopol
Ph.D., professor of the department
"Technology of mechanical
engineering"
299053, Sevastopol,
Universitetskaya St., 33
Тел. 54-05-57
E-mail: khao@list.ru

Bratan Sergey Mikhaylovich
"Sevastopol State University",
Sevastopol
Doctor of Engineering,
professor, head of the
department "Technology of
mechanical engineering"
299053, Sevastopol,
Universitetskaya St., 33
Тел. 54-05-57
E-mail: serg.bratan@gmail.com

Vladetskaya Ekaterina Aleksandrovna
"Sevastopol State University", Sevastopol
Ph.D., assistant professor of the
department "Technology of mechanical
engineering"
299053, Sevastopol,
Universitetskaya St., 33
Тел. 54-05-57
E-mail: vladetska@rambler.ru

УДК 628.11

DOI: 10.33979/2073-7408-2020-342-4-2-152-156

Н.К. ФЕДОРОВСКАЯ, К.Ю. ФЕДОРОВСКИЙ

ПУТИ СНИЖЕНИЯ ПРИЕМА ЗАБОРТНОЙ ВОДЫ СИСТЕМОЙ ОХЛАЖДЕНИЯ СУДОВОЙ ЭНЕРГОУСТАНОВКОЙ

Аннотация. Рассмотрены вопросы возможности снижения приема забортной воды системой охлаждения энергоустановки. Это обеспечит снижение отрицательного антропогенного воздействия системы. Проанализированы дроссельное регулирование, терморегулирование с перепуском и регулируемой частотой вращения насоса. Установлено, что последний способ является наиболее оптимальным.

Ключевые слова: энергоустановка, система охлаждения, прием забортной воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Состав систем забортной воды на судне. [Электронный ресурс] URL: <http://vdvzhke.ru/sudovye-dizelnye-ustanovki/ohlazhdenie-sudovyh-dizelnyh-ustanovok/sostav-sistem-zabornoj-vody-na-sudne.html>, (дата обращения 7/02/2020).

2. Шурпак В.К. Учет особенностей СО при оценке энергетической эффективности судов / науч тех сборник Рос моррегистратора судоходства, №37, СПб 2014, с. 51-55

3. Н.К. Федоровская. Отрицательное антропогенное воздействие систем охлаждения энергоустановок и пути его преодоления// Федоровская Н.К. Научные проблемы водного транспорта., Н. Новгород, - Вестник ВГАВТ – № 63, С. 193-201.

Федоровская Надежда Константиновна
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный
университет»,
аспирант,
Тел. +79787096536,
E-mail: n.fedorovskaya14@mail.ru

Федоровский Константин Юрьевич
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный
университет»,
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой
«Энергоустановки морских судов и сооружений»,
тел: +79787096617,
e-mail: fedkonst@rambler.ru

N.K. FEDOROVSKAYA, K.Yu. FEDOROVSKIY

WAYS OF REDUCING INTAKE WATER RECEPTION BY THE COOLING SYSTEM OF A SHIP POWER PLANT

Abstract. *The issues of the possibility of reducing the intake of seawater by the power plant cooling system are considered. This will ensure a reduction in the negative anthropogenic impact of the system. Throttle control, thermal control with bypass and variable pump speed are analyzing. It has been founding that the latter method is the most optimal.*

Keywords: *power plant, cooling system, seawater intake.*

BIBLIOGRAPHY

1. Composition of seawater systems on board. URL: <http://vdvzhke.ru/sudovye-dizelnye-ustanovki/ohlazhdenie-sudovyh-dizelnyh-ustanovok/sostav-sistem-zabornoj-vody-na-sudne.html>, (access date 7/02/2020).

2. Shurpyak V.K. Consideration of CRM peculiarities in assessing the energy efficiency of ships_ / scientific technical collection of Rosmorregistra of shipping, N. 37, SPb 2014, P. 51-55

3. N.K. Fedorovskaya. Negative anthropogenic impact of power plant cooling systems and ways to overcome it // Fedorovskaya N.K. Scientific problems of water transport., N. Novgorod, - VGAVT - No. 63, P. 193-201.

Fedorovskaya Nadezhda Konstantinovna
FGAOU VO «Sevastopol State University»
graduate student
Tel. +79787096536,
E-mail: n.fedorovskaya14@mail.ru

УДК: 628.11

Fedorovskiy Konstantin Yurievich
FGAOU VO «Sevastopol State University»
doctor of technical sciences, professor, head of the
department "Power installations of ships and structures,"
tel: +79787096617,
e-mail: fedkonst@rambler.ru

DOI: 10.33979/2073-7408-2020-342-4-2-157-160

Н.К. ФЕДОРОВСКАЯ, К.Ю. ФЕДОРОВСКИЙ, В.В. ЕНИВАТОВ

УЧЕТ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ФАКТОРА ПРИ ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ СУДОВЫХ ЭНЕРГОУСТАНОВОК

Аннотация. *Рассмотрены методы оценки эффективности систем охлаждения судовых энергетических установок. Обоснована целесообразность интегрального показателя на базе приведенных затрат. Разработан метод учета для морей экологических последствий эксплуатации судов.*

Ключевые слова: *эффективность, система охлаждения, экологический ущерб.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. К.Ю. Федоровский. Принципы построения замкнутых систем охлаждения судовых дизельных энергоустановок / Федоровский К.Ю // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии – 2018. - №3 (329). - С. – 43-48

2. Н.К. Федоровская. Отрицательное антропогенное воздействие систем охлаждения энергоустановок и пути его преодоления// Федоровская Н.К. Научные проблемы водного транспорта., Н. Новгород, - Вестник ВГАВТ – № 63, С. 193-201.

3. Пивоваров Д.А., Гедич Т.Г. Учет экологического фактора при оценке эффективности инвестиционного проекта, Электронный ресурс: <https://cyberleninka.ru/article/n/uchet-ekologicheskogo-faktora-pri-otsenke-effektivnosti-investitsionnogo-proekta> (дата обращения 15.08.2018г)

4. Муруева И. К. Оценка эффективности инвестиционных проектов с учетом экологического фактора Электронный ресурс: <https://moluch.ru/archive/38/4443/> (дата обращения: 15.08.2018).

5. Федоровский К.Ю., Федоровская Н.К. Замкнутые системы охлаждения судовых энергетических установок. - Москва.: ИНФРА-М, 2017. - 163 с.

6. Методика исчисления размеров вреда, причиненного водным биологическим ресурсам. Электронный ресурс: <https://rg.ru/2012/03/06/vred-bioresursy-site-dok.html> дата обращения: 11.02.2018

7. Состав систем забортной воды на судне. Электронный ресурс: <http://vdvzhke.ru/sudovye-dizelnye-ustanovki/ohlazhdenie-sudovyh-dizelnyh-ustanovok/sostav-sistem-zabornoj-vody-na-sudne.html> (дата обращения 7.02.2020г);

8. Шурпак В.К. Учет особенностей СО при оценке энергетической эффективности судов_ / науч тех сборник Рос моррегистра судоходства, СПб– 2014г. - №37- С. 51-55;

ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет»,
аспирант,
г. Севастополь, ул. Университетская
33,
Tel. +79787096536,
e-mail: n.fedorovskaya14@mail.ru

ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет»,
д.т.н., профессор, заведующий
кафедрой «Энергоустановки
морских судов и сооружений»,
ул. Университетская 33,
тел: +79787096617,
e-mail: fedkonst@rambler.ru

ФГБОУ ВО «Керченский
государственный морской
технологический университет»,
заведующий кафедрой «Судовые
энергетические установки»,
ул. Орджоникидзе 82,
Tel. +79788312577,
e-mail: vv007x@yandex.ua

N.K. FEDOROVSKAYA, K.Yu. FEDOROVSKIY, V.V. ENIVATOV

ACCOUNTING THE ENVIRONMENTAL FACTOR WHEN EVALUATING THE EFFICIENCY OF THE COOLING SYSTEMS OF SHIP POWER PLANTS

Abstract. *Methods for evaluating the efficiency of cooling systems for ship power plants are considering. The expediency of the integral indicator based on the reducing costs has been substantiating. A method has been developed for accounting for the ecological consequences of the operation of ships.*

Keywords: *efficiency, cooling system, environmental damage.*

BIBLIOGRAPHY

1. K.Yu. Fedorovsky. Principles of construction of closed cooling systems for ship diesel power plants / Fedorovsky K.Yu // Fundamental and applied problems of engineering and technology - 2018. - No. 3 (329). - P. - 43-48
2. N.K. Fedorovskaya. Negative anthropogenic impact of power plant cooling systems and ways to overcome it // Fedorovskaya N.K. Scientific problems of water transport., N. Novgorod, - VGAVT - No. 63, P. 193-201.
3. Pivovarov D.A., Gedich T.G. Taking into account the environmental factor when assessing the effectiveness of an investment project, URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/uchet-ekologicheskogo-faktora-pri-otsenke-effektivnosti-investitsionnogo-proekta> (date of access 15.08.2018)
4. Murueva I.K. Assessment of the effectiveness of investment projects taking into account the environmental factor. URL: <https://moluch.ru/archive/38/4443/> (date of access: 15.08.2018).
5. Fedorovskiy K.Yu., Fedorovskaya N.K. Closed cooling systems for ship power plants. - Moscow.: INFRA-M, 2017.-- 163 p.
6. Methodology for calculating the amount of harm caused to aquatic biological resources. URL <https://rg.ru/2012/03/06/vred-bioresursy-site-dok.html> date of access: 11.02.2018
7. Composition of seawater systems on board. URL: <http://vdvzhke.ru/sudovye-dizelnye-ustanovki/ohlazhdenie-sudovyh-dizelnyh-ustanovok/sostav-sistem-zabornoj-vody-na-sudne.html> (date of access 7.02. 2020);
8. Shurpyak V.K. Consideration of CRM peculiarities in assessing the energy efficiency of ships_ / scientific technical collection of Rosmorregister of shipping, St. Petersburg - 2014. - No. 37- P. 51-55;

Fedorovskaya Nadezhda Konstantinovna
FGAOU VO «Sevastopol State
University»,
graduate student,
Tel. +79787096536,
E -mail: n.fedorovskaya14@mail.ru

Fedorovskiy Konstantin Yurievich
FGAOU VO «Sevastopol State
University»,
doctor of technical sciences,
professor, head of the department
"Power installations of ships and
structures,"
tel: +79787096617,
e-mail: fedkonst@rambler.ru

Enivatov Valeriy Vladimirovich
FSBEI HE "Kerch State Marine
Technological University",
Head of the Department "Ship
Power Plants",
st. Ordzhonikidze 82,
Tel. +79788312577,
e-mail: vv007x@yandex.ua

В.И. ГОЛОВИН, С.Ю. РАДЧЕНКО

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ИНСТРУМЕНТА В УСЛОВИЯХ СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. Одной из важнейших задач серийного и массового производства является поддержания непрерывности технологического процесса с целью снижения простоев оборудования и, как следствие, себестоимости продукции. Одной из систем, обеспечивающих это условие является система мониторинга состояния инструмента. Однако применяемые сегодня решения, являются сложными программно-аппаратными комплексами, которые недоступны для большинства средних и мелких предприятий. В статье предлагается система, основанная на сравнительном анализе применяемого инструмента с эталонными экземплярами. Результаты анализа поступают в систему принятия решений, которая определяет целесообразность дальнейшего использования режущего инструмента для последующей механической обработки. Приведен пример экспериментального исследования фрезерной обработки. Полученные результаты показывают возможность и рациональность применения данной модели для прогнозирования состояния инструмента.

Ключевые слова: прогнозирование поломок инструмента, механическая обработка, износ инструмента, мониторинг состояния инструмента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Esmaeilian B, Behdad S, Wang B. The evolution and future of manufacturing: a review. J Manuf Syst 2016;39:79–100. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2016.03.001>.
2. Rehorn AG, Jiang J, Orban PE. State-of-the-art methods and results in tool condition monitoring: a review. Int J Adv Manuf Technol 2005;26:693–710. <https://doi.org/10.1007/s00170-004-2038-2>.
3. Visariya R, Ruparel R, Yadav R. Review of tool condition monitoring methods. Int J Comput Appl 2018;179:29–32. <https://doi.org/10.5120/ijca2018916853>.
4. Ahmad R, Kamaruddin S. A review of condition-based maintenance decisionmaking. Eur J Ind Eng 2012;6:519–41. <https://doi.org/10.1504/EJIE.2012.048854>.
5. Nouri M, Fussell BK, Ziniti BL, Linder E. Real-time tool wear monitoring in milling using a cutting condition independent method. Int J Mach Tools Manuf 2015;89:1–13. <https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2014.10.011>.
6. Abellan-Nebot JV, Romero Subirón F. A review of machining monitoring systems based on artificial intelligence process models. Int J Adv Manuf Technol 2010;47:237–57. <https://doi.org/10.1007/s00170-009-2191-8>.
7. Григорьев С.Н. (ред.), Гурин В.Д., Козочкин М.П. и др. Диагностика автоматизированного производства. М., Машиностроение, 2011, 600 с.
8. Решетов Д.Н., Портман В.Т. Точность металлорежущих станков. Москва, Машиностроение, 1986, 336 с.

Головин Василий Игоревич

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь
Кандидат технических наук, доцент, директор
Политехнического института
299000, г. Севастополь, ул. Университетская, 33
Тел. (8692) 55-00-77
E-mail: golovin@sevsu.ru

Радченко Сергей Юрьевич

ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», г. Орел
Доктор технических наук, профессор, проректор по
научно-технологической деятельности и аттестации
научных кадров
302026, Орловская область, г. Орел,
ул. Комсомольская, д. 95
Тел. (4862) 47-50-71
E-mail: radsu@rambler.ru

V.I. GOLOVIN, S.Yu. RADCHENKO

TOOL CONDITION MONITORING SYSTEM IN SERIAL PRODUCTION CONDITIONS

Abstract. One of the most important tasks of serial and mass production is to maintain the continuity of the technological process in order to reduce equipment downtime and, as a result, the cost of production. One of the systems is the tool condition monitoring system. However, the solutions used today are complex software and hardware systems that are not available for most medium and small productions. The article proposes a system based on a comparative

analysis of the applied tool with reference instances. The results of the analysis are sent to the decision-making system, which determines the feasibility of further use of the cutting tool for subsequent machining. An example of an experimental study of milling processing is given. The results obtained show the possibility and rationality of using this model to predict the state of the instrument.

Keywords: tool breaking prognosis, machining, tool condition monitoring, tool wear.

BIBLIOGRAPHY

1. Esmaeilian B, Behdad S, Wang B. The evolution and future of manufacturing: a review. J Manuf Syst 2016;39:79–100. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2016.03.001>.
2. Rehorn AG, Jiang J, Orban PE. State-of-the-art methods and results in tool condition monitoring: a review. Int J Adv Manuf Technol 2005;26:693–710. <https://doi.org/10.1007/s00170-004-2038-2>.
3. Visariya R, Ruparel R, Yadav R. Review of tool condition monitoring methods. Int J Comput Appl 2018;179:29–32. <https://doi.org/10.5120/ijca2018916853>.
4. Ahmad R, Kamaruddin S. A review of condition-based maintenance decisionmaking. Eur J Ind Eng 2012;6:519–41. <https://doi.org/10.1504/EJIE.2012.048854>.
5. Nouri M, Fussell BK, Ziniti BL, Linder E. Real-time tool wear monitoring in milling using a cutting condition independent method. Int J Mach Tools Manuf 2015;89:1–13. <https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2014.10.011>.
6. Abellan-Nebot JV, Romero Subirón F. A review of machining monitoring systems based on artificial intelligence process models. Int J Adv Manuf Technol 2010;47:237–57. <https://doi.org/10.1007/s00170-009-2191-8>.
7. Grigor'yev S.N. (red.), Gurin V.D., Kozochkin M.P. i dr. Diagnostika avtomatizirovannogo proizvodstva. M., Mashinostroyeniye, 2011, 600 s.
8. Reshetov D.N., Portman V.T. Tochnost metallovezhushchikh stankov. Moskva, Mashinostroyeniye, 1986, 336 s.

Golovin Vasily Igorevich

FGAOU VO "Sevastopol State University", Sevastopol
Candidate of Engineering Sciences, Docent, Director of
Polytechnic Institute.
299000, Sevastopol, Universitetskaya str., 33
Ph. 55-00-77
E-mail: golovin@sevsu.ru

Radchenko Sergey Yuryevich

FGBOU VO «OGU im. I.S. Turgeneva», Orel
Doctor of Engineering Sciences, Professor, Vice-rector
for scientific and technological activities and
certification of scientific personnel
302026, Oryol region, Oryol,
st. Komsomolskaya, d. 95
Ph. (4862)47-50-71
E-mail: radsu@rambler.ru

УДК 519.9

DOI: 10.33979/2073-7408-2020-342-4-2-169-179

А.И. БОХОНСКИЙ, Н.И. ВАРМИНСКАЯ, А.И. РЫЖКОВ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАНИПУЛЯТОРОВ МИНИМАЛЬНОЙ МАССЫ С КОМПЕНСАЦИЕЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

Аннотация. Многие типы манипуляторов, работающих в земных условиях, но особенно в состоянии невесомости, нуждаются в существенном уменьшении массы, что приводит к снижению жесткости элементов конструкций и изменению спектра частот собственных колебаний. Продолжают оставаться актуальными задачи минимизации массы манипуляторов с учетом ограничений на прочность и жесткость. Дано решение задач минимизации массы с анализом возможной компенсации перемещений и использованием дополнительных воздействий.

Ключевые слова: манипулятор минимальной массы, оптимальное проектирование, использование ограничений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдулаев Н.Д. Теория и методы проектирования оптимальных регуляторов / Н.Д. Абдулаев, Ю.Г. Петров. – Л.: Энергоиздат, 1985. – 240 с.
2. Автоматизация технологических процессов / Под ред. Бородина И. Ф. – М.: Изд-во «Колосс», 2003. – 344 с.
3. Батенко А.П. Системы терминального управления / А.П. Батенко. – М.: Радио и связь, 1984. – 161 с.
4. Бербюк В.Е. Динамика и оптимизация робототехнических систем / В.Е. Бербюк. – К.: Наук. думка, 1989. – 186 с.
5. Бохонский А.И. Расчет и проектирование телескопических исполнительных органов манипуляторов: Учеб. пособие / А.И. Бохонский, Г.Г. Макухина, Ю.А. Хашин. – К.: УМК ВО, 1989. – 132 с.
6. Бохонский А.И. Управляемое упругое деформирование твердых тел / А.И. Бохонский // Вестник СевГТУ. Моделирование и эксперимент в инженерных задачах: Сб. науч. тр. – Севастополь, 1995. – Вып. 1. – С. 47 – 57.

7. Бохонский А.И. Управление движением манипулятора / А.И. Бохонский // Вестн. СевГТУ. Сер. Механика, энергетика, экология: Сб. науч. тр. – Севастополь, 1996. – Вып. 3. – С. 50 – 54.
8. Бохонский А.И. Защита от динамических воздействий объектов как абсолютно твердых тел / А.И. Бохонский // Вестник СевГТУ. Механика, энергетика, экология: Сб. науч. тр. – Севастополь, 1997. – Вып. 6. – С. 7 – 14.
9. Бохонский А.И. Управляемое деформирование твердых тел / А.И. Бохонский // Динамические системы: Межвед. науч. сб. – Симферополь: Изд-во «КФТ», 1999. – С. 30 – 36.
10. Бохонский А.И. Оптимальное переносное движение упругих систем / А.И. Бохонский // Вестн. СевГТУ. Сер. Механика, энергетика, экология: Сб. науч. тр. – Севастополь, 2002. – Вып. 38. – С.33 – 38.
11. Бохонский А.И. Задачи механики манипуляторов минимальной массы / А.И. Бохонский // Вестник СевГТУ. Автоматизация процессов и управление: Сб. науч. тр. – Севастополь, 2003. – Вып. 49. – С. 181 – 186.
12. Бохонский А.И. Управление переносным движением упругих систем / А.И. Бохонский // Динамические системы: Межвед. науч. сб. – Симферополь: Изд-во «КФТ», 2004. – Вып. 18. – С. 56 – 63.
13. Бохонский А.И. Оптимальное проектирование жесткопластических рам при сейсмической нагрузке / А.И. Бохонский, О.П. Бузанова // Сопротивление материалов и теория сооружения: Респ. межвед. науч.-техн. сб. – 1977. – С. 64 – 69.
14. Бохонский А.И. Управляемое деформирование объектов техники / А.И. Бохонский, Д.В. Волнухин, М.И. Мозолевский // Матер. VI междуна. науч.-метод. конф. «Машиностроение и техносфера на рубеже XXI века». Т.1. – Донецк, 1999. – С. 104 – 106.
15. Бохонский А.И. Управление перемещением нежесткой руки манипулятора с учетом сопротивления / А.И. Бохонский, Д.В. Волнухин // Оптимизация производственных процессов: Сб. науч. тр. – Севастополь, 1999. – С. 33 – 39.
16. Бохонский А.И. Колебания телескопической руки манипулятора при оптимальном вращательном движении / А.И. Бохонский, Д.В. Волнухин // Вестник СевГТУ. Механика, энергетика, экология: Сб. науч. тр. – Севастополь, 2000. – Вып. 23. – С. 54 – 58.
17. Бохонский А.И. Оптимальные движения объектов малой жесткости в состоянии невесомости / А.И. Бохонский, Н.И. Варминская // Оптимизация производственных процессов: Сб. науч. тр. – Севастополь, 2003. – Вып.6. – С. 42 – 47.
18. Бохонский А.И. Некоторые актуальные задачи механики манипуляторов минимальной массы / А.И. Бохонский, Н.И. Варминская // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Междунар. сб. науч. тр. – Донецк, 2003. – Вып. 25. – С. 34 – 38.
19. Бохонский А.И. Реализация оптимальных движений манипуляторами с пневмоприводами / А.И. Бохонский, Н.И. Варминская // Автоматизация: проблемы, идеи, решения: Матер. междунар. науч.-техн. конф. – Севастополь, 2003. – С. 124.
20. Бохонский А.И. Моделирование захвата груза с транспортера телескопическим манипулятором с пневмоприводом / А.И. Бохонский, Н.И. Варминская // Оптимизация производственных процессов: Сб. науч. тр. – Севастополь, 2004. – Вып. 7. – С. 17 – 23.
21. Бохонский А.И. Управление объектом при перемещении с одной траектории на другую / А.И. Бохонский, Н.И. Варминская // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Междунар. сб. науч. тр. – Донецк, 2004. – Вып. 27. – С. 36 – 42.
22. Бохонский А.И. Оптимальные движения нежесткой руки манипулятора / А.И. Бохонский, Н.И. Варминская // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Междунар. сб. науч. тр. – Донецк, 2004. – Вып. 28. – С.13 – 17.
23. Бохонский А.И. Оптимальное перемещение объектов в технологической ячейке с манипулятором по заданным траекториям движения / А.И. Бохонский, Н.И. Варминская // Сб. науч. тр. СВМИ им. П.С. Нахимова. – Севастополь, 2004. – Вып. 3 (6). – С. 14 – 22.
24. Бохонский А.И. Стабилизация жесткости телескопической руки манипулятора / А.И. Бохонский, Н.И. Варминская // Подъемно-транспортная техника. – Днепропетровск: Изд-во ОНПУ, 2004. – Вып. 3. – С. 41 – 46.
25. Бохонский А.И. Оптимальное управление перемещением груза антропоморфным манипулятором / А.И. Бохонский, Н.И. Варминская // Вестник СевГТУ. Сер. Механика, энергетика, экология: Сб. науч. тр. – Севастополь, 2004. – Вып. 55. – С. 25 – 30.
26. Бохонский А.И. Оптимальное перемещение детали в гибкой технологической ячейке / А.И. Бохонский, Н.И. Варминская // Надежность и долговечность механизмов, элементов конструкций и биомеханических систем: Матер. междунар. науч.-техн. конф. «Проблемы качества и долговечности зубчатых передач редукторов, их деталей и узлов». – Севастополь, 2004. – С. 55 – 59.
27. Бохонский А.И. Оптимальное перемещение объекта манипулятором с одного транспортера на другой / А.И. Бохонский, Н.И. Варминская // Научные труды ДонНТУ. Сер. Горно-электромеханическая. – Донецк, 2005. – Вып. 94. – С. 58 – 63.
28. Бохонский А.И. Оптимальное управление переносным движением упругих объектов с внутренним трением / А.И. Бохонский, Н.И. Варминская // Надежность и долговечность механизмов, элементов конструкций и биомеханических систем: Матер. междунар. науч.-техн. конф. – Севастополь, 2005. – С. 143 – 147.
29. Бохонский А.И. Оптимальное перемещение объекта манипулятором из начального возмущенного состояния в конечное состояние абсолютного покоя / А.И. Бохонский, Н.И. Варминская // Машиностроение и техносфера XXI века: Сб. науч. тр. XII междунар. науч.-техн. конф. – Донецк. Т.1. – 2005. – С. 103 – 106.
30. Бохонский А.И. Оптимальное переносное движение упругих объектов / А.И. Бохонский, Н.И. Варминская // Динамические системы: Межвед. науч. сб. – Симферополь: Изд-во «ТНУ», 2005. – Вып. 19. – С. 3 – 10.
31. Бохонский А.И. Подавление высших мод колебаний при оптимальном переносном движении упругих объектов с конечным числом степеней свободы / А.И. Бохонский, Н.И. Варминская // Вестник СевГТУ. Сер. Механика, энергетика, экология: Сб. науч. тр. – Севастополь, 2006. – Вып. 75. – С. 16 – 21.

32. Брайсон А. Прикладная теория оптимального управления. Оптимизация, оценка и управление / А. Брайсон А, Ю-ши Хо: Пер. с англ. Э.М. Макашова, Ю.П. Плотникова; Под ред. А.М. Летова. – М.: Мир, 1972. – 544 с.
33. Варминская Н.И. Колебания телескопической руки манипулятора при оптимальном переносном движении / Н.И. Варминская // Сб. науч. тр. СВМИ им. П.С. Нахимова. – Севастополь, 2004. – Вып. 2 (5). – С. 55 – 60.
34. Варминская Н.И. Управляемое дросселирование пневмоприводов манипуляторов малой жесткости при транспортировании объектов / Н.И. Варминская // Вестник СевГТУ. Сер. Механика, энергетика, экология: Сб. науч. тр. – Севастополь, 2005. – Вып. 67. – С. 38 – 43.
35. Воронов А.А. Теория автоматического управления. Ч. II. Теория нелинейных и специальных систем автоматического управления: Учеб. пособие для вузов / А.А. Воронов. – М.: Наука, 1992. – 288 с.
36. Вукобратович М. Управление манипуляционными роботами: теория и приложения / М. Вукобратович, Д. Стокич: Пер. с серб.-хорв. В.П. Морозова; Под ред. Е.П. Попова. – М.: Наука, 1985. – 384 с.
37. Вукобратович М. Неадаптивное и адаптивное управление манипуляционными роботами / М. Вукобратович, Д. Стокич, Н. Кирчански: Пер. с англ. А.В. Назаровой, С.Л. Зенкевича; Под ред. Е.П. Попова. – М.: Мир, 1989. – 376 с.
38. Галиуллин А.С. Методы решения обратных задач динамики / А.С. Галиуллин. – М.: Наука, 1986. – 224 с.
39. Егоров А.И. Основы теории управления / А.И. Егоров. – М.: Физматлит, 2004. – 502 с.
40. Карновский И.А., Почтман Ю.М. Методы оптимального управления колебаниями деформируемых систем / И.А. Карновский, Ю.М. Почтман. – К.: Высш. шк., 1982. – 116 с.
41. Кобринский А.А. О синтезе движения манипуляционных систем сборки / А.А. Кобринский, А.Е. Кобринский // Известия РАН. Сер. Техническая кибернетика. – 1978. – № 2 – С. 3 – 6.
42. Красовский Н.Н. Теория управления движением / Н.Н. Красовский. – М.: Наука, 1968. – 476 с.
43. Крутько П.Д. Обратные задачи динамики управляемых систем: Линейные модели / П.Д. Крутько. – М.: Наука, 1987. – 304 с.
44. Крутько П.Д. Обратные задачи динамики управляемых систем: Нелинейные модели / П.Д. Крутько. – М.: Наука, 1988. – 326 с.
45. Крутько П.Д. Управление исполнительными системами роботов / П.Д. Крутько. – М.: Наука, 1991. – 332 с.
46. Механика промышленных роботов: Учеб. пособие для вузов. [В 3-х кн.] / Под ред. К.В. Фролова, Е.И. Воробьева. Кн.1. Кинематика и динамика / Е.И. Воробьев, С.А. Попов, Г.И. Шевелева. – М.: Высш. шк., 1988. – 304 с.
47. Понтрягин Л.С. Математическая теория оптимальных процессов / Л.С. Понтрягин, В.Г. Болтянский, Р.В. Гамкрелидзе. – М.: Наука, 1983. – 391 с.
48. Промышленные роботы для миниатюрных изделий / Р.Ю. Бансявичюс, А.А. Иванов, Н.И. Камышный; Под ред. В.Ф. Шаньгина. – М.: Машиностроение, 1985. – 264 с.
49. Рейтман М.И. Методы оптимального проектирования деформируемых систем / М.И. Рейтман, Г.С. Шапиро. – М.: Наука, 1976. – 266 с.
50. Тимофеев А.В. Адаптивные робототехнические комплексы / А.В. Тимофеев. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988. – 332 с.
51. Тимофеев А.В. Управление роботами: Учеб. пособие / А.В. Тимофеев – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1986. – 240 с.
52. Тимошенко С.П. Колебания в инженерном деле / С.П. Тимошенко, Д.Х. Янг, У. Уивер. – М.: Машиностроение, 1985. – 472 с.
53. Троицкий В.А. Оптимальные процессы колебаний механических систем / В.А. Троицкий. – Л.: Машиностроение, 1976. – 248 с.
54. Черноусько Ф.Л. Управление колебаниями / Ф.Л. Черноусько, Л.Д. Акуленко, Б.Н. Соколов. – М.: Наука, 1980. – 384 с.
55. Шахнипур М. Курс робототехники / М. Шахнипур: Пер. с англ; Под ред. С.Л. Зенкевича. – М.: Мир, 1990. – 527 с.

Бохонский Александр Иванович
 ФГАОУ ВО «Севастопольский
 государственный университет», г.
 Севастополь
 Профессор, доктор технических
 наук, профессор кафедры
 «Техническая механика и
 машиноведение»
 299053, г. Севастополь г, ул.
 Университетская 33
 Тел. 8 (978) 739-39-68
 E-mail: bohon.alex@mail.ru

Варминская Наталья Ивановна
 ЧВВМУ им. П.С. Нахимова, г.
 Севастополь
 кандидат технических наук, доцент
 заведующая кафедрой физики и
 общетехнических дисциплин
 Тел: +78692435161
 E-mail: nvarminska@gmail.com

Рыжков Александр Игоревич
 ФГАОУ ВО «Севастопольский
 государственный
 университет», г. Севастополь
 Ассистент кафедры
 «Техническая механика и
 машиноведение»
 299053, г. Севастополь г, ул.
 Университетская 33
 Тел. 8 (978) 847-37-49
 E-mail: ryzhkov2206@mail.ru

A.I. BOKHONSKY, N. I. VARMINSKAYA, A.I. RYZHKOV

ELASTIC OBJECT DESIGNING FOR THE RESEARCH OF THE OPTIMAL PORTABLE ROTATIONAL MOTION AROUND FIXED AXIS

Abstract. *Many types of manipulators, operating in terrestrial conditions and, especially, in a state of weightlessness, require a significant reduction in mass, which leads to a decrease in the rigidity of structural elements and a change in the spectrum of natural vibration frequencies. Problems of manipulators' mass minimizing are still relevant. Besides, limitations on strength and rigidity should be taken into account. It is given the solution of the problems of mass minimizing with the analysis of possible compensation of displacements and the use of additional impacts.*

Keywords: *minimum mass manipulator, optimal design, use of constraints.*

BIBLIOGRAPHY

1. Abdulaev N.D. Theory and methods of designing optimal regulators / N.D. Abdulaev, Yu.G. Petrov. - L. : Energoizdat, 1985. – 240 p.
2. Automation of Technological Processes / Ed. Borodina I.F. - Moscow: Publishing house "Colossus", 2003. - 344 p.
3. A.P. Batenko Terminal control systems / A.P. Batenko. - M. : Radio and communication, 1984. – 161 p.
4. Berbyuk V.E. Dynamics and optimization of robotic systems / V.E. Berbyuk. - K. : Nauk. Dumka, 1989. – 186 p.
5. Bokhonskiy A.I. Calculation and design of telescopic executive bodies of manipulators: Textbook. allowance / A.I. Bokhonskiy, G.G. Makukhina, Yu.A. Khashchin. - K. : UMK VO, 1989. – 132 p.
6. Bokhonskiy A.I. Controlled elastic deformation of solids / A.I. Bohonsky // Bulletin of SevGTU. Modeling and experiment in engineering problems: Sat. scientific. tr. - Sevastopol, 1995. - Issue. 1. - pp. 47 - 57.
7. Bokhonskiy A.I. Manipulator motion control / A.I. Bokhonskiy // Vestn. Sev-STU. Ser. Mechanics, energy, ecology: Sat. scientific. tr. - Sevastopol, 1996. - Issue. 3. - pp. 50 - 54.
8. Bokhonskiy A.I. Protection against dynamic effects of objects as absolutely solid bodies / A.I. Bohonsky // Bulletin of SevGTU. Mechanics, energy, ecology: Sat. scientific. tr. - Sevastopol, 1997. - Issue. 6. - pp. 7 - 14.
9. Bokhonskiy A.I. Controlled deformation of solids / A.I. Bohonsky // Dynamical systems: Interv. scientific. Sat. - Simferopol: Publishing house "KFT", 1999. - pp. 30 - 36.
10. Bokhonskiy A.I. Optimal portable movement of elastic systems / A.I. Bokhonskiy // Vestn. Sev-STU. Ser. Mechanics, energy, ecology: Sat. scientific. tr. - Sevastopol, 2002. - Issue. 38. - pp. 33 - 38.
11. Bokhonskiy A.I. Tasks of mechanics of manipulators of minimal mass / A.I. Bohonsky // Bulletin of SevGTU. Process automation and control: Sat. scientific. tr. - Sevastopol, 2003. - Issue. 49. - pp. 181 - 186.
12. Bokhonskiy A.I. Control of portable motion of elastic systems / A.I. Bohonsky // Dynamical systems: Interv. scientific. Sat. - Simferopol: Publishing house "KFT", 2004. - Issue. 18. - pp. 56 - 63.
13. Bokhonskiy A.I. Optimal design of rigid-plastic frames at seismic load / A.I. Bokhonskiy, O.P. Buzanova // Resistance of materials and construction theory: Rep. mezhved. scientific and technical Sat. - 1977. – pp. 64 - 69.
14. Bokhonskiy A.I. Controlled deformation of equipment objects / A.I. Bokhonskiy, D.V. Volnukhin, M.I. Mozolevsky // Mater. VI int. scientific method. conf. "Mechanical engineering and technosphere at the turn of the XXI century." Vol. 1. - Donetsk, 1999. – pp. 104 - 106.
15. Bokhonskiy A.I. Control of movement of a non-rigid arm of a manipulator taking into account resistance / A.I. Bokhonskiy, D.V. Volnukhin // Optimization of production processes: Sat. scientific. tr. - Sevastopol, 1999. – pp. 33 - 39.
16. Bokhonskiy A.I. Oscillations of the telescopic arm of the manipulator with optimal rotational motion. Bokhonskiy, D.V. Volnukhin // Bulletin of SevGTU. Mechanics, energy, ecology: Sat. scientific. tr. - Sevastopol, 2000. - Issue. 23. – pp. 54 - 58.
17. Bokhonskiy A.I. Optimal movements of objects of small rigidity in a state of weightlessness / A.I. Bokhonskiy, N.I. Warminskaya // Optimization of production processes: Sat. scientific. tr. - Sevastopol, 2003. - Issue 6. - pp. 42 - 47.
18. Bokhonskiy A.I. Some actual problems of mechanics of manipulators of minimal mass / A.I. Bokhonskiy, N.I. Warminskaya // Progressive technologies and systems of mechanical engineering: Intern. Sat. scientific. tr. - Donetsk, 2003. - Issue. 25. – pp. 34 - 38.
19. Bokhonskiy A.I. Implementation of optimal movements by manipulators with pneumatic drives / A.I. Bokhonskiy, N.I. Warminskaya // Automation: problems, ideas, solutions: Mater. int. scientific and technical conf. - Sevastopol, 2003. – p. 124.
20. Bokhonskiy A.I. Modeling the capture of cargo from the conveyor by a telescopic manipulator with a pneumatic drive / A.I. Bokhonskiy, N.I. Warminskaya // Optimization of production processes: Sat. scientific. tr. - Sevastopol, 2004. - Issue. 7. - pp. 17 - 23.
21. Bokhonskiy A.I. Object control when moving from one trajectory to another / A.I. Bokhonskiy, N.I. Warminskaya // Progressive technologies and systems of mechanical engineering: Intern. Sat. scientific. tr. - Donetsk, 2004. - Issue. 27. – pp. 36 - 42.
22. Bokhonskiy A.I. Optimal movements of the non-rigid arm of the manipulator / A.I. Bokhonskiy, N.I. Warminskaya // Progressive technologies and systems of mechanical engineering: Intern. Sat. scientific. tr. - Donetsk, 2004. - Issue. 28. – pp. 13 - 17.
23. Bokhonskiy A.I. Optimal movement of objects in a technological cell with a manipulator along given trajectories of movement / A.I. Bokhonskiy, N.I. Warminskaya // Sat. scientific. tr. SVMI them. P.S. Nakhimov. - Sevastopol, 2004. - Issue. 3 (6). - pp. 14 - 22.

24. Bokhonskiy A.I. Stabilization of rigidity of the telescopic arm of the manipulator / A.I. Bokhonsky, N.I. Warminskaya // Hoisting and transport equipment. - Dnepropetrovsk: ONPU Publishing House, 2004. - Issue. 3. - pp. 41 - 46.
25. Bokhonskiy A.I. Optimal control of cargo movement by an anthropomorphic manipulator / A.I. Bokhonsky, N.I. Warminskaya // Bulletin of SevGTU. Ser. Mechanics, energy, ecology: Sat. scientific. tr. - Sevastopol, 2004. - Issue. 55. - pp. 25 - 30.
26. Bokhonskiy A.I. Optimal movement of a part in a flexible technological cell / A.I. Bokhonsky, N.I. Warminskaya // Reliability and durability of mechanisms, structural elements and biomechanical systems: Mater. int. scientific and technical conf. "Problems of quality and durability of gears of reducers, their parts and assemblies." - Sevastopol, 2004. - S. 55 - 59.
27. Bokhonskiy A.I. Optimal movement of an object with a manipulator from one conveyor to another / A.I. Bokhonsky, N.I. Warminskaya // Scientific works of DonNTU. Ser. Mining and electromechanical. - Donetsk, 2005. - Issue. 94. - pp. 58 - 63.
28. Bokhonskiy A.I. Optimal control of portable motion of elastic objects with internal friction / A.I. Bokhonsky, N.I. Warminskaya // Reliability and durability of mechanisms, structural elements and biomechanical systems: Mater. int. scientific and technical conf. - Sevastopol, 2005. - pp. 143 - 147.
29. Bokhonskiy A.I. Optimal movement of an object by a manipulator from the initial disturbed state to the final state of absolute rest / A.I. Bokhonsky, N.I. Warminskaya // Mechanical engineering and technosphere of the XXI century: Sat. scientific. tr. XII int. scientific and technical conf. - Donetsk. Vol. 1. - 2005. - pp. 103 - 106.
30. Bokhonskiy A.I. Optimal portable movement of elastic objects / A.I. Bokhonsky, N.I. Warminskaya // Dynamical systems: Interv. scientific. Sat - Simferopol: TNU Publishing House, 2005. - Issue. 19. - pp. 3 - 10.
31. Bokhonskiy A.I. Suppression of higher vibration modes at optimal portable motion of elastic objects with a finite number of degrees of freedom / A.I. Bokhonsky, N.I. Warminskaya // Bulletin of SevGTU. Ser. Mechanics, energy, ecology: Sat. scientific. tr. - Sevastopol, 2006. - Issue. 75. - pp. 16 - 21.
32. Bryson A. Applied Optimal Control Theory. Optimization, evaluation and management / A. Bryson A, Yu-shi Ho: Trans. from English. EM. Makashova, Yu.P. Plotnikova; Ed. A.M. Letov. - M.: Mir, 1972. - 544 p.
33. Warminskaya N.I. Oscillations of the telescopic arm of the manipulator with optimal portable movement / N.I. Warminskaya // Sat. scientific. tr. SVMI them. P.S. Nakhimov. - Sevastopol, 2004. - Issue. 2 (5). - pp. 55 - 60.
34. Warminskaya N.I. Controlled throttling of pneumatic drives of manipulators of low rigidity during transportation of objects / N.I. Warminskaya // Bulletin of SevGTU. Ser. Mechanics, energy, ecology: Sat. scientific. tr. - Sevastopol, 2005. - Issue. 67. - pp. 38 - 43.
35. Voronov A.A. Automatic control theory. Part II. Theory of nonlinear and special automatic control systems: Textbook. manual for universities / A.A. Voronov. - M.: Nauka, 1992. - 288 p.
36. Vukobratovich M. Control of manipulation robots: theory and applications / M. Vukobratovich, D. Stokich: Trans. from Serbian-Croatian V.P. Morozov; Ed. E.P. Popov. - M.: Nauka, 1985. - 384 p.
37. Vukobratovich M. Non-adaptive and adaptive control of manipulation robots / M. Vukobratovich, D. Stokich, N. Kirchanski: Trans. from English. A.V. Nazarova, S.L. Zenkevich; Ed. E.P. Popov. - M.: Mir, 1989. - 376 p.
38. Galiullin A.S. Methods for solving inverse problems of dynamics / A.S. Galiullin. - Moscow: Nauka, 1986. - 224 p.
39. Egorov A.I. Fundamentals of management theory / A.I. Egorov. - Moscow: Fizmatlit, 2004. - 502 p.
40. Karnovsky I.A., Pochtman Yu.M. Methods of optimal control of oscillations of deformable systems / I.A. Karnovsky, Yu.M. Postman. - K.: Higher. shk., 1982. - 116 p.
41. Kobrinsky A.A. On the synthesis of movement of manipulation assembly systems / A.A. Kobrinsky, A.E. Kobrinsky // Izvestia RAN. Ser. Technical cybernetics. - 1978. - No. 2 - pp. 3 - 6.
42. Krasovsky N.N. Motion control theory / N.N. Krasovsky. - Moscow: Nauka, 1968. - 476 p.
43. Krutko P.D. Inverse problems of dynamics of controlled systems: Linear models / P.D. Cool. - Moscow: Nauka, 1987. - 304 p.
44. Krutko P.D. Inverse Problems of the Dynamics of Controlled Systems: Nonlinear Models / P.D. Cool. - Moscow: Nauka, 1988. - 326 p.
45. Krutko P.D. Control of executive systems of robots / P.D. Cool. - Moscow: Nauka, 1991. - 332 p.
46. Mechanics of industrial robots: Textbook. manual for technical colleges. [In 3 books] / Ed. K.V. Frolova, E.I. Vorobyov. Book 1. Kinematics and dynamics / E.I. Vorobiev, S.A. Popov, G.I. Sheveleva. - M.: Higher. shk., 1988. - 304 p.
47. Pontryagin L.S. Mathematical theory of optimal processes / L.S. Pontryagin, V.G. Boltyansky, R.V. Gamkrelidze. - M: Nauka, 1983. - 391 p.
48. Industrial robots for miniature products / R.Yu. Bansevicius, A.A. Ivanov, N.I. Reed; Ed. V.F. Shangin. - M.: Mashinostroenie, 1985. - 264 p.
49. Reitman M.I. Methods of optimal design of deformable systems / M.I. Reitman, G.S. Shapiro. - Moscow: Nauka, 1976. - 266 p.
50. Timofeev A.V. Adaptive robotic systems / A.V. Timofeev. - L.: Mechanical engineering. Leningr. department, 1988. - 332 p.
51. Timofeev A.V. Robot control: Textbook. manual / A.V. Timofeev - L.: Leningrad Publishing House. University, 1986. - 240 p.
52. Timoshenko S.P. Oscillations in engineering / S.P. Timoshenko, D.Kh. Young, W. Weaver. - M.: Mechanical Engineering, 1985. - 472 p.
53. Troitsky V.A. Optimal processes of oscillations of mechanical systems / V.A. Troitsky. - L.: Mechanical engineering, 1976. - 248 p.
54. F.L. Chernousko Oscillation control / F.L. Chernousko, L.D. Akulenko, B.N. Sokolov. - M.: Nauka, 1980. - 384 p.

55. Shahnipur M. Course of Robotics / M. Shahnipur: Per. from English; Ed. S.L. Zenkevich. – M.: Mir, 1990. – 527 p.

Bokhonsky Alexander Ivanovich
FSAEI VO "Sevastopol State University",
Sevastopol
Professor, Doctor of Technical Sciences,
Professor of the Department of Technical Mechanics and Engineering Science
299053, Sevastopol, st. Universitetskaya 33
Tel. 8 (978) 739-39-68
E-mail: bohon.alex@mail.ru

Varminskaya Natalia Ivanovna
ChVVMU them. P.S. Nakhimov, Sevastopol
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Head of the Department of Physics and General Technical Disciplines
Tel: +78692435161
E-mail: nvarminska@gmail.com

Ryzhkov Alexander Igorevich
FSAEI VO "Sevastopol State University", Sevastopol
Assistant of the department "Technical Mechanics and Engineering Science"
299053, Sevastopol, st. Universitetskaya 33
Tel. 8 (978) 847-37-49
E-mail: ryzhkov2206@mail.ru

УДК 621.71.027

DOI: 10.33979/2073-7408-2020-342-4-2-180-184

Е.В. ХРОМОВ, И.Н. МОРЕВА

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВНУТРЕННЕГО ТРЕНИЯ РЕЗИНОВЫХ ГАСИТЕЛЕЙ В КАНАТНЫХ МАШИНАХ

Аннотация. Выполнены экспериментальные исследования коэффициентов демпфирования резиновых гасителей опор кареток канатных машин.

Ключевые слова: каретка свивающей машины, коэффициент демпфирования, резиновый гаситель, осциллограмма колебаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Букштейн М.А. Производство использования стальных канатов. – М.: Металлургия, 1973. – 358 с.
2. Хромов Е.В. Исследование вынужденных колебаний осциллятора в около резонансной области для различных характеристик демпфирования // Вестн. НТУ(ХПИ) Сер. Динамика и прочность: сб.науч.тр.– Харьков 2007. – Вып. 38. – С. 168 – 174.
3. Хромов Е. В., Хромов О. В. Исследования вида функции внутреннего трения для собственных изгибных колебаний стальной балки / Е. В. Хромов, О. В. Хромов // Новые материалы и технологии в металлургии и машиностроении. – 2008. – № 1. – С. 111–114.

Хромов Егор Владимирович
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
г. Севастополь
кандидат технических наук, доцент кафедры энергоустановки морских судов и сооружений
299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33
Тел.: +78692243561
E-mail: ev.khromov@mail.ru

Морева Ирина Николаевна
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
г. Севастополь
кандидат технических наук, доцент кафедры океанотехника и кораблестроение
299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33
Тел.: +78692243561
E-mail: i.n.moreva@mail.ru

E.V. KHROMOV, I.N. MOREVA

EXPERIMENTAL RESEARCH OF CHARACTERISTICS OF INTERNAL FRICTION OF RUBBER EXTINGUISHERS IN ROPE MACHINES

Abstract. Experimental studies of the damping coefficients of rubber dampers of the carriage supports of cable cars were carried out.

Keywords: *stitching carriage, damping coefficient, rubber damper, oscillation oscillogram.*

BIBLIOGRAPHY

1. Bukstein M.A. Production using steel ropes. - M.: Metallurgy, 1973. - 358 p.
2. Khromov E.V. Investigation of forced oscillations of an oscillator in the near-resonance region for various damping characteristics // Tomsk State University Journal. NTU (KhPI) Ser. Dynamics and strength: collection of scientific studies - Kharkov 2007. - Vol. 38.- S. 168 - 174.
3. Khromov E.V., Khromov OV. Investigations of the type of the internal friction function for natural bending vibrations of a steel beam / E. V. Khromov, O. V. Khromov // New materials and technologies in metallurgy and mechanical engineering. - 2008. - No. 1. - S. 111–114.

Khromov Egor Vladimirovich

Sevastopol State University,
PhD, Associate Professor of the Department «Ship
power plants and structures»,
Sevastopol, Universitetskaya, 33
Tel. +78692243561
E-mail: ev.khromov@mail.ru

Moreva Irina Nikolaevna

Sevastopol State University,
PhD, Associate Professor of the Department «Ocean
engineering and shipbuilding»,
Sevastopol, Universitetskaya, 33
Tel. +78692243561
E-mail: i.n.moreva@mail.ru

Адрес издателя:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95
Тел. (4862) 75–13–18
<http://oreluniver.ru>
E-mail: info@oreluniver.ru

Адрес редакции:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»
302030, г. Орел, ул. Московская, 34
+7(920)2806645, +7(906)6639898
<http://oreluniver.ru>
E-mail: radsu@rambler.ru

Право использования произведений предоставлено авторами на основании
п. 2 ст. 1286 Четвертой части Гражданского Кодекса Российской Федерации

Технический редактор Тюхта А.В.
Компьютерная верстка Тюхта А.В.

Подписано в печать 07.08.2020 г.
Дата выхода в свет
Формат 60х88 1/8. Усл. печ. л. 11,563
Цена свободная. Тираж 600 экз.
Заказ _____

Отпечатано с готового оригинал-макета
на полиграфической базе ИП Синяев В.В.
302001, г. Орел, ул. Розы Люксембург, 10а