

УДК 621.7.015

К повышению износостойкости винтовых цилиндрических пружин сжатия, работающих с контактом витков

Н.А. Землянушнов, Н.Ю. Землянушнова

Северо-Кавказский федеральный университет,
ул. Пушкина, 1, г. Ставрополь 355017, Россия

Поступила в редакцию 08.02.2024.

После доработки 15.06.2024.

Принята к публикации 18.06.2024.

При эксплуатации пружин, особенно, циклических буферных и высокоскоростных, неизбежно относительное перемещение их поверхностей, трение, соударение витков, большое количество энергии за счёт трения преобразуется в тепловую энергию, это ведёт к износу пружин в местах контакта витков и к перегреву узлов и механизмов. Известные методы повышения ресурса пружин не рассматривают вопрос трения и износа контактных поверхностей пружин. В работе представлены новые технологии повышения износостойкости пружин сжатия с использованием контактного заневоливания. При этом к сжатой до соприкосновения витков пружине прикладывается дополнительная осевая нагрузка, превышающая нагрузку на пружину в изделии не менее чем на 5 % и определяемая теоретически на стадии разработки технологического процесса. Время выдержки под осевой нагрузкой 1—1,5 секунды. Изготовлены серийные и по новым технологиям — две партии опытных пружин. Рассеивание силовых параметров пружин опытной партии № 1 по сравнению с серийными пружинами уменьшено на 14,3 %, а опытной партии пружин № 2 — на 42,9 %. Снижение рабочей нагрузки после циклических испытаний у серийных пружин в среднем составило 1,17 %; у пружин опытной партии № 1 — 0,23 %; у пружин опытной партии № 2 — 0,45 %. Контактное заневоливание способствует не только возникновению полезных остаточных напряжений и повышению несущей способности пружин. Образуется полоска упрочнённого материала, которая повышает износостойкость контактирующих поверхностей витков, снижает трение вследствие параллельного наслоения. В местах контакта витков пружины снижается удельное давление и повышается деформационная износостойкость пружин. Поэтому контактное заневоливание следует рассматривать и как финишную операцию для снижения трения в местах контакта витков пружин и повышения их износостойкости.

Ключевые слова: повышение износостойкости пружин, износ пружин, пластическое упрочнение, контактное заневоливание.

DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-3-237-245

Адрес для переписки:

Н.А. Землянушнов
Северо-Кавказский федеральный университет,
ул. Пушкина, 1, г. Ставрополь 355017, Россия
e-mail: nikita3535@mail.ru

Для цитирования:

Н.А. Землянушнов, Н.Ю. Землянушнова.
К повышению износостойкости винтовых цилиндрических пружин сжатия, работающих с контактом витков. Трение и износ. 2024. — Т. 45, № 3. — С. 237—245.
DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-3-237-245

Address for correspondence:

N.A. Zemlyanushnov
North Caucasus Federal University,
Pushkin Street, 1, Stavropol 355017, Russia
e-mail: nikita3535@mail.ru

For citation:

N.A. Zemlyanushnov and N.Y. Zemlyanushnova.
[To Increase Wear Resistance of Screw Cylindrical Compression Springs Working with Coils Contact].
Trenie i Iznos. 2024, vol. 45, no. 3, pp. 237—245 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-3-237-245

To Increase Wear Resistance of Screw Cylindrical Compression Springs Working with Coils Contact

N.A. Zemlyanushnov and N.Y. Zemlyanushnova

North Caucasus Federal University,
Pushkin Street, 1, Stavropol 355017, Russia

Received 08.02.2024.

Revised 15.06.2024.

Accepted 18.06.2024.

Abstract

During operation of springs, especially cyclic buffer and high-speed springs, are inevitable relative movement of their surfaces, friction, and coils contact. Due to friction, a lot of energy is converted into thermal energy, this is a cause of springs wear on the contact points of the coils and of overheating of the machines and mechanisms. The known methods of springs resource increasing do not consider the issue of friction and wear of springs surfaces contact. The new technologies for increasing of wear resistance of compression springs using contact predeformation are presented in the article. In this case, an additional axial load exceeding the load on the spring in the product by more than 5 % and determined theoretically at the stage of development of the technological process is applied to the compressed spring coils into contact. The exposure time under axial load is 1—1.5 seconds. Serial springs were manufactured and two batches of experimental springs were produced using new technologies. The dispersion of the force parameters of the springs of the experimental batch № 1 as compared with the serial springs was reduced by 14.3 %, and as compared with the experimental batch of springs no. 2 — by 42.9 %. After cyclic tests the decrease of workload for serial springs averaged 1.17 %; for springs of experimental batch no. 1 — 0.23 %; for springs of experimental batch no. 1 — 0.45 %. Contact clamping not only promotes of the formation of useful residual stresses, but also increases of the bearing capacity of the springs. The strip of hardened material is formed, which increases the wear resistance of the contacting surfaces of the coils and reduces friction due to parallel layering. On the contact places of the spring coils, the specific pressure decreases and the deformation wear resistance of the springs increases. Therefore, contact clamping should also be considered as a finishing operation to reduce friction on the places of contact of the spring's coils and increasing their wear resistance.

Keywords: increased wear resistance of springs, wear of springs, plastic hardening, contact clamping.

DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-3-237-245

Адрес для переписки:

Н.А. Землянушнов
Северо-Кавказский федеральный университет,
ул. Пушкина, 1, г. Ставрополь 355017, Россия
e-mail: nikita3535@mail.ru

Для цитирования:

Н.А. Землянушнов, Н.Ю. Землянушнова.
К повышению износостойкости винтовых цилиндрических
пружин сжатия, работающих с контактом витков.
Трение и износ.
2024. — Т. 45, № 3. — С. 237—245.
DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-3-237-245

Address for correspondence:

N.A. Zemlyanushnov
North Caucasus Federal University,
Pushkin Street, 1, Stavropol 355017, Russia
e-mail: nikita3535@mail.ru

For citation:

N.A. Zemlyanushnov and N.Y. Zemlyanushnova.
[To Increase Wear Resistance of Screw Cylindrical Compression
Springs Working with Coils Contact].
Trenie i Iznos.
2024, vol. 45, no. 3, pp. 237—245 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-3-237-245

Список использованных источников

1. **Manouchehrynia R., Abdullah S., and Singh S.S.K.** Fatigue-Based Reliability in Assessing the Failure of an Automobile Coil Spring Under Random Vibration Loadings // *Engineering Failure Analysis*. — 2022 (**131**), 105808
2. **Kong Y.S., Shahrum A., Dieter S., Mohd Z.O., and Sallehuddin M.H.** Correlation of Uniaxial and Multiaxial Fatigue Models for Automobile Spring Life Assessment // *Experimental Techniques*. — 2020 (**44**), no. 2, 197—215
3. **Manouchehrynia R., Abdullah S., and Singh S.S.K.** Fatigue Reliability Assessment of an Automobile Coil Spring Under Random Strain Loads Using Probabilistic Technique // *Metals*. — 2020 (**10**), no. 1, 12
4. **Myung N.J., Wang L., and Choi N.S.** High-Cycle and Very High-Cycle Bending Fatigue Strength of Shot Peened Spring Steel // *Journal of Mechanical Science and Technology*. — 2021 (**35**), no. 11, 4963—4973
5. **Землянушнов Н.А., Землянушнова Н.Ю., Порохня А.А.** Повышение ресурса высоконагруженных пружин сжатия: монография. — Ставрополь: Изд-во СКФУ. — 2019
6. **Zemlyanushnova N.Y., Porahin A.A., and Zemlyanushnov N.A.** Stress-Strain State of the Valve Spring in an Auto Engine During Plastic Hardening // *Russian Engineering Research*. — 2016 (**36**), 535—540
7. **Ali M., Husaini, Putra T. E., and Ali N.** The Needs to Investigate the Effect of Road Surface Vibrations to the Fatigue Life of a Coil Spring // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. — 2019 (**602**), no. 1, 012089
8. **Putra T.E., Husaini, Ali N., Machmud M.N., and Hendrayana Bakhtiar A.** Analysis of Surface Failure of Coil Spring in Passenger Vehicle Suspension System // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. — 2019 (**523**), no. 1, 012072
9. **Putra T.E., Husaini Ali N., Hasanuddin I., and Hendrayana Bakhtiar A.** Numerical Analysis of the Stress Leading to Fatigue Failure on a Coil Spring of the Front Suspension of a Car // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. — 2019 (**523**), no. 1, 012066
10. **Тобенко Ю.М.** Проблемы производства высокоскоростных пружин и пути их решения: монография. — Ставрополь: Мир данных. — 2007
11. **Информационный портал о маслах, смазках, клеях и технических жидкостях.** https://mirsmazok.ru/plastichnye-smazki/smazki_dlya_pruzhin_sila_treniya/
12. **Шишлин Д.Д., Дудукин А.И.** Влияние наклепа на износостойкость узлов трения // *Наука и образование в развитии промышленной, социальной и экономической сфер регионов России. IX Всероссийские научные Зворыкинские чтения: сб. тез. докл. Всероссийской межвузовской научной*

конференции. Муром, 28 апр. 2017 г. — Муром: Изд.-полиграфический центр МИ ВлГУ. — 2017, 965

13. **Мураткин Г.В., Малкин В.С., Доронкин В.Г.** Основы восстановления деталей и ремонт автомобилей. В 2 ч. Ч. 1. Технологические методы восстановления деталей и ремонта автомобилей: учебное пособие; под ред. Г.В. Мураткина. — Тольятти: Изд-во ТГУ. — 2012
14. **Лавриненко Ю.А., Белков Е.Г., Фадеев В.В.** Упрочнение пружин. — Уфа: Бизнес-Партнер. — 2002

References

1. **Manouchehrynia R., Abdullah S., and Singh S.S.K.** Fatigue-Based Reliability in Assessing the Failure of an Automobile Coil Spring Under Random Vibration Loadings // *Engineering Failure Analysis*. — 2022 (**131**), 105808
2. **Kong Y.S., Shahrum A., Dieter S., Mohd Z.O., and Sallehuddin M.H.** Correlation of Uniaxial and Multiaxial Fatigue Models for Automobile Spring Life Assessment // *Experimental Techniques*. — 2020 (**44**), no. 2, 197—215
3. **Manouchehrynia R., Abdullah S., and Singh S.S.K.** Fatigue Reliability Assessment of an Automobile Coil Spring Under Random Strain Loads Using Probabilistic Technique // *Metals*. — 2020 (**10**), no. 1, 12
4. **Myung N.J., Wang L., and Choi N.S.** High-Cycle and Very High-Cycle Bending Fatigue Strength of Shot Peened Spring Steel // *Journal of Mechanical Science and Technology*. — 2021 (**35**), no. 11, 4963—4973
5. **Zemlyanushnov N.A., Zemlyanushnova N.Yu., Porohnya A.A.** Increasing the resource of highly loaded compression springs: monograph. — Stavropol: Publishing House of NCFU. — 2019 (in Russian)
6. **Zemlyanushnova N.Y., Porahin A.A., and Zemlyanushnov N.A.** Stress-Strain State of the Valve Spring in an Auto Engine During Plastic Hardening // *Russian Engineering Research*. — 2016 (**36**), 535—540
7. **Ali M., Husaini, Putra T. E., and Ali N.** The Needs to Investigate the Effect of Road Surface Vibrations to the Fatigue Life of a Coil Spring // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. — 2019 (**602**), no. 1, 012089
8. **Putra T.E., Husaini, Ali N., Machmud M.N., and Hendrayana Bakhtiar A.** Analysis of Surface Failure of Coil Spring in Passenger Vehicle Suspension System // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. — 2019 (**523**), no. 1, 012072
9. **Putra T.E., Husaini Ali N., Hasanuddin I., and Hendrayana Bakhtiar A.** Numerical Analysis of the Stress Leading to Fatigue Failure on a Coil Spring of the Front Suspension of a Car // *IOP Conference Series: Materials Science and*

- Engineering. — 2019 (**523**), no. 1, 012066
10. **Tebenko Yu.M.** Problems of production of high-speed springs and ways to resolution them. monograph. — Stavropol: Data World. — 2007 (in Russian)
 11. **Information portal about oils, lubricants, adhesives and technical fluids.** https://mirsmazok.ru/plastichnye-smazki/smazki_dlya_pruzhin_sila_treniya/ (in Russian)
 12. **Shishlin D.D., Dudukin A.I.** Impact of peening on wear resistance of friction units — Science and education in the development of industrial, social and economic spheres of the regions of Russia. IX All-Russian Scientific Zvorykin Readings: Sat. tez. doc. All-Russian Intercollegiate Scientific Conference. Murom, April 28, 2017. — Murom: Publishing-polygraphic center of MI VISU. — 2017, 965 (in Russian)
 13. **Muratkin G.V., Malkin V.S., Doronkin V.G.** Fundamentals of parts reconditioning and car repair. In 2 p. Part 1. Technological methods for parts reconditioning and repair of cars: a textbook; ed. G.V. Muratkina. — Togliatti: Publishing House of TSU. — 2012 (in Russian)
 14. **Lavrinenko Yu.A., Belkov E.G., Fadeev V.V.** Hardening of springs. — Ufa: Business Partner. — 2002 (in Russian)

Для приобретения полного текста статьи, обращайтесь в редакцию журнала.
Адрес редакции: 246050, ул. Кирова 32а, г. Гомель, Беларусь. Телефон/факс: +375 (232) 34 06 36 / 34 17 11
Full text of articles can be purchased from the editorial office.
Address: 32a Kirov Street, Gomel, Belarus, 246050. Phone: +375 (232) 34 06 36. Fax: +375 (232) 34 17 11
E-mail: FWJ@tut.by