

УДК 621.8

## **Исследование закономерностей формирования физико-механического состояния цапф крестовин карданных валов при врезном бесцентровом шлифовании в зависимости от опытных и производственных режимов**

Блурцян Д.Р., Блурцян Р.Ш., Блурцян И.Р.

Выполнены исследования по установлению закономерностей формирования физико-механического состояния поверхностей цапф крестовин карданных валов, обработанных при врезном бесцентровом шлифовании в зависимости от опытных и производственных режимов. Разработана методика оценки физико-механического состояния поверхностей. Установлены элементы режимов резания в условиях базового предприятия. Обоснованы опытные режимы резания, обеспечивающие повышение физико-механического состояния поверхностных слоёв цапф крестовин. Получены результаты сравнительных испытаний опытных и производственных режимов шлифования. Наибольший отпуск поверхностных слоёв имеет место при шлифовании производственными режимами. При шлифовании опытными режимами отпуск практически отсутствует. При шлифовании опытными режимами выявлены незначительные прижоги и полное отсутствие шлифовочных трещин, в то время как производственные режимы являются причиной образования на цапфах крестовин множества шлифовочных трещин и сильных прижогов. Микротвёрдость субповерхностных слоёв, шлифованных с опытными режимами, по сравнению с производственными, увеличивается по всем горизонтам.

*Ключевые слова:* крестовины, бесцентровое шлифование, опытные режимы, производственные режимы, микротвёрдость.

## **The research of common factors in reaching a physical and mechanical condition of driveshaft crosspiece pins in feed centreless grinding in experimental and production modes**

Blurtsyan D.R., Blurtsyan R.S., Blurtsyan I.R.

The paper presents the research data on establishing common factors in reaching a physical and mechanical condition of driveshaft crosspieces pin surfaces after in-feed centerless grinding both in the experimental and production modes. The assessment technique of physical and mechanical condition of the surfaces is developed. The elements of cutting modes in the context of a basic manufacturer are identified. Experimental cutting conditions providing enhanced physical and mechanical condition of the crosspiece pin surface are proved. The results of comparative tests of experimental and production grinding modes are achieved. The biggest surface tempering is provided during production grinding modes. The surface tempering almost never happens in experimental grinding mode. There are minor burns and lack of cracks in experimental grinding modes while production grinding modes cause cracking and major burns on crosspiece pin sets. Microhardness of experimentally ground subsurface increases in all horizons compared to the production mode.

*Keywords:* crosspieces, centerless grinding, experimental modes, production modes, microhardness.

### **Введение и постановка задачи**

Обеспечение высокого качества выпускаемых в машиностроении изделий является актуальным вопросом. Повышение надежности и долговечности изделий обусловлено дальнейшим улучшением параметров качества ра-

бочих поверхностей, определяемых совокупностью геометрических показателей, физико-механических свойств и остаточных напряжений.

На формирование отмеченных параметров качества поверхностей большое влияние оказывают технологические факторы и особенно

режимы шлифования на чистовых и отделочных операциях.

Исходя из вышеизложенного, целью выполненного исследования является изучение влияния опытных и производственных режимов врезного бесцентрового шлифования цапф крестовин на формирование физико-механического состояния шлифованных поверхностей.

С этой целью разработана методика исследования и определены условия обработки цапф крестовин с опытными и производственными режимами бесцентрового шлифования.

Из показателей, характеризующих физико-механическое состояние поверхностей, исследованы микротвёрдость, микроструктура, трещины шлифовочного и термического происхождения, а также прижоги.

Микротвёрдость поверхностных слоев –  $H_n$  определялась методом косых (иногда прямых) срезов. Косые срезы готовились под углом  $1-3^\circ$  в специальных приспособлениях.

Так как нагрев, имеющий место при подготовке шлифа, может вызвать различные изменения в исследуемом слое, шлифы готовились тщательно.

Под субповерхностной принята микротвёрдость на глубине до нескольких микрометров от поверхности. Измерение  $H_n$  этих слоев производилось методом нормального внедрения алмазной пирамиды в исследуемую поверхность при различных нагрузках.

При исследованиях распределения  $H_n$  по субповерхностному слою глубина отпечатка  $h_{omn}$  определялась по формуле:

$$h_{omn} \approx \frac{d}{7},$$

где  $d$  – длина диагонали отпечатка.

Измерения микротвёрдости производились при нагрузках на индентор в 0,196; 0,49; 0,98; 1,471 и 1,96 Н.

Микроструктурный анализ производился с применением металлографических микроскопов.

Трещины исследовались методами магнитной дефектоскопии (передвижной магнитный дефектоскоп ДМП-2) и глубокого травления. Выявление трещин травлением производилось в реактиве из 50% соляной кислоты и 50% воды. С этой целью образец и раствор подогревались до  $70^\circ\text{C}$ , затем производилось травление при той же температуре в течение 10 мин с последующей промывкой в горячей воде, нейтрализацией в 5% растворе кальцинированной соды и сушкой.

Прижоги исследовались по инструкции технологической лаборатории автозавода в городе Нижний Новгород. Вначале образцы дважды промывались очищенным бензином, сушились и вновь промывались в денатурированном спирте. Обезжиренный образец погружался в 5% спиртовой раствор азотной кислоты и выдерживался одну минуту, затем весь процесс повторялся опусканием в 12% спиртовой раствор соляной кислоты. После чего – нейтрализация в 5% растворе кальцинированной соды с выдержкой 5 мин при комнатной температуре, промывка в ванне с водным раствором эмульсола, протирка сухой тряпкой и опускание в веретенное масло №2, нагретое до  $t=100-110^\circ\text{C}$  в течении двух-трех минут. В результате, места выявленных прижогов, которые имели низкую твёрдость, получали тёмную окраску (лучше травились). Степень прижога определялась по общей (суммарной) площади этих участков и их потемнению.

Исследования велись на крестовинах карданных валов грузовых автомашин МАЗ, ЗИЛ и комбайна ККР, изготавливаемых соответственно из сталей 18ХГТ, 20ХГНТР, 15ХГНА, а также на специальных образцах.

Важная роль технологических факторов процесса шлифования в формировании свойств поверхностного слоя предопределила и основное направление работы. Из элементов режимов шлифования исследовались: скорость шлифования –  $V_{ш}$ , скорость ведущих кругов – круговая подача –  $V_{с}$ , минутная попе-

речная подача –  $t$ , припуск на шлифование –  $\delta$ , время выхаживания –  $T_в$ .

Производственные режимы шлифования выполнялись при  $V_u = 29,4$  м/с,  $V_в = 15,1$  м/мин;  $\delta = 0,08$  мм;  $t = 2$  мм/мин,  $T_в = 8$  с.

Опытные режимы выполнялись при  $V_u = 29,4$  м/с,  $V_в = 47$  м/мин;  $\delta = 0,04$  мм;  $t = 0,5$  мм/мин,  $T_в = 14$  с.

### Результаты исследования

Картина изменения физико-механического состояния шлифованных поверхностей под воздействием отдельных факторов не раскрывает полностью технологических возможностей совершенствования процесса шлифования. Наряду с этим, в реальных условиях производства важно знать результат одновременного воздействия нескольких параметров обработки.

Рассмотрим влияние условий обработки на  $H_n$  поверхности от совместного изменения сразу двух факторов ( $t$  и  $V_в$ ) при окончательном шлифовании крестовин ЗИЛ с режимами, принятыми на базовом заводе и с опытными, подобранными из условия повышения физико-механических свойств шлифованной по-

верхности. Предварительная шлифовка заготовок производилась также при производственных и опытных (более умеренных) режимах резания.

Из зависимостей  $H_{0,98} \sim h$ , полученных при шлифовании опытными и производственными режимами (рис. 1) видно преимущество опытных над производственными. При этом в первом случае падение  $H_{0,98}$  составляет около 140 кгс/мм<sup>2</sup> против исходной, с глубиной зоны отпуска в 0,063 мм, а во втором, соответственно, 414 кгс/мм<sup>2</sup> и 0,175 мм.

Распределение микротвердости по образующим цапфы непостоянно и существенно меняется от условий обработки (рис. 2). При этом,  $H_{0,49}$  цапф крестовин, шлифованных при опытных режимах в среднем на 357 кгс/мм<sup>2</sup> больше микротвёрдости цапф, обработанных при режимах, принятых на производстве (888 кгс/мм<sup>2</sup> против 531 кгс/мм<sup>2</sup>).

При шлифовании опытными режимами выявлены незначительные прижоги и полное отсутствие шлифовочных трещин, в то время как производственные режимы приводят к образованию на цапфах множества трещин и сильных прижогов.

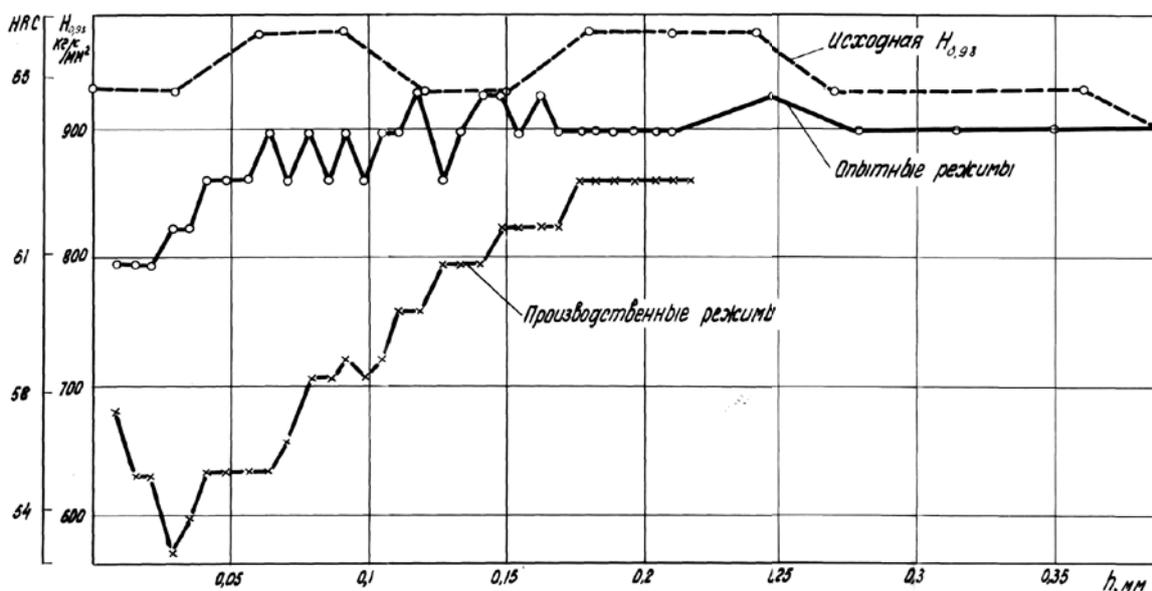


Рис. 1. Распределение микротвёрдости  $H_{0,98}$  по глубине поверхностного слоя  $h$  в зависимости от режимов шлифования ( $V_u = 33,6$  м/с,  $V_в = 9,05$  м/мин;  $\delta = 0,04$  мм;  $t = 3$  мм/мин,  $T_в = 4$  с - производственные режимы;  $V_u = 33,6$  м/с,  $V_в = 33,9$  м/мин;  $\delta = 0,04$  мм;  $t = 1,2$  мм/мин,  $T_в = 4$  с - опытные режимы).

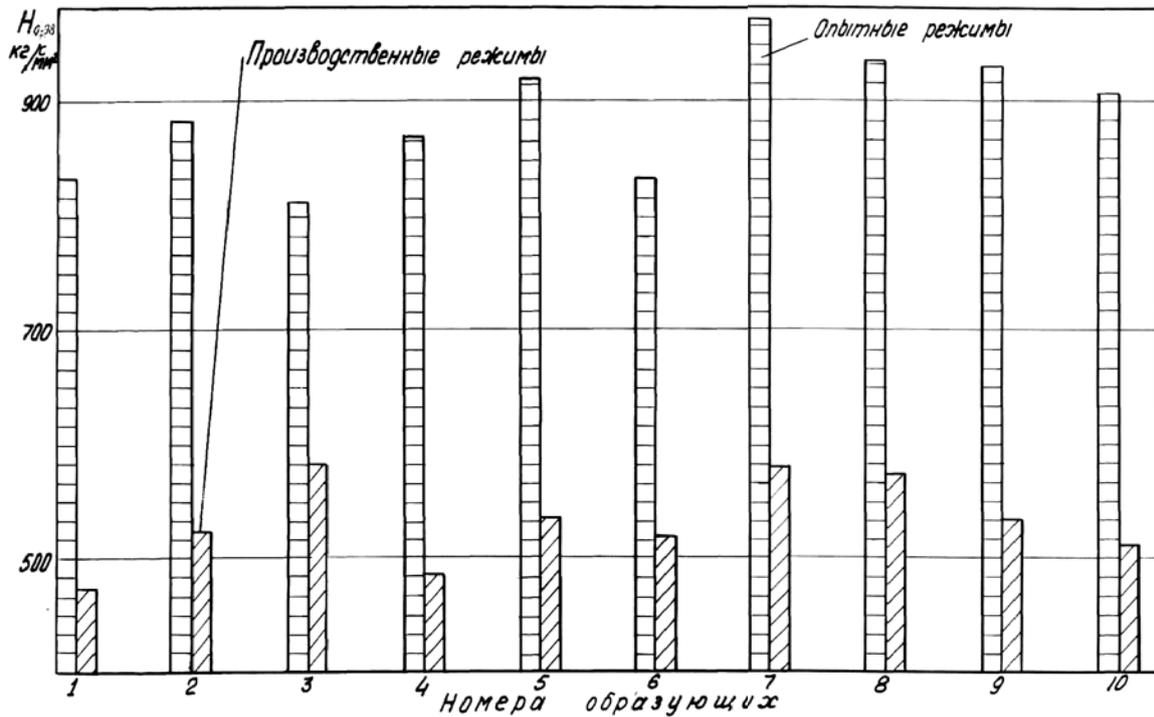


Рис. 2. Влияние режимов шлифования на микротвердость  $H_{0,98}$  субповерхностных слоёв периферии цапф крестовин при опытных и производственных режимах ( $V_u = 33,6$  м/с,  $V_e = 33,9$  м/мин;  $\delta = 0,04$  мм;  $t = 1,2$  мм/мин,  $T_e = 4$  с – опытные режимы;  $V_u = 33,6$  м/с,  $V_e = 9,05$  м/мин;  $\delta = 0,04$  мм;  $t = 3$  мм/мин,  $T_e = 4$  с – производственные режимы).

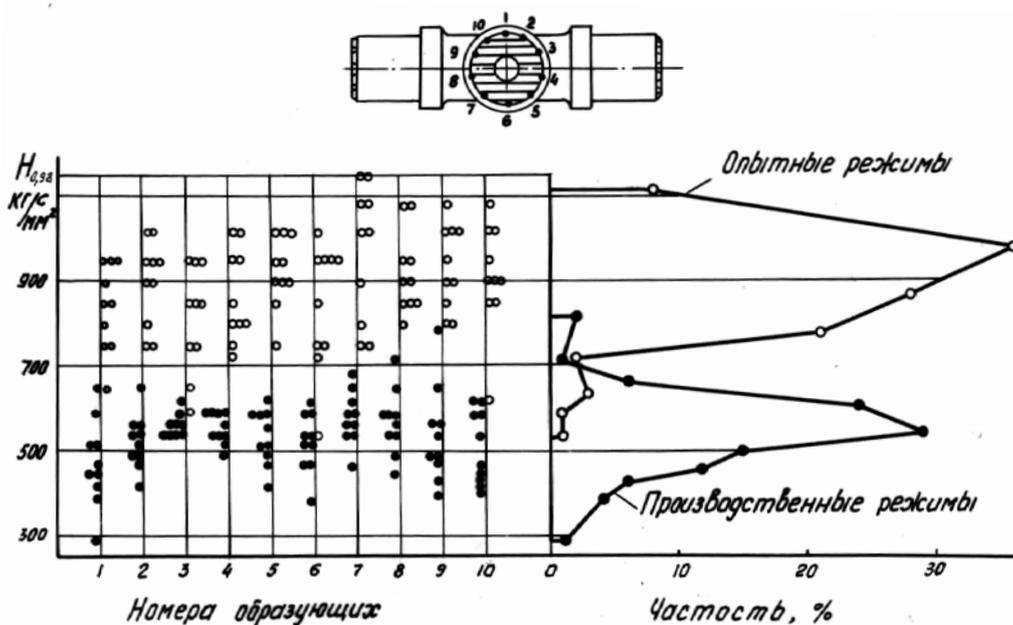


Рис. 3. Точечные диаграммы и полигоны распределения микротвёрдости  $H_{0,49}$  поверхностей шлифованных при опытных и производственных режимах ( $V_u = 33,6$  м/с,  $V_e = 9,05$  м/мин;  $\delta = 0,04$  мм;  $t = 3$  мм/мин,  $T_e = 4$  с – производственные режимы;  $V_u = 33,6$  м/с,  $V_e = 33,9$  м/мин;  $\delta = 0,04$  мм;  $t = 1,2$  мм/мин,  $T_e = 4$  с – опытные режимы).

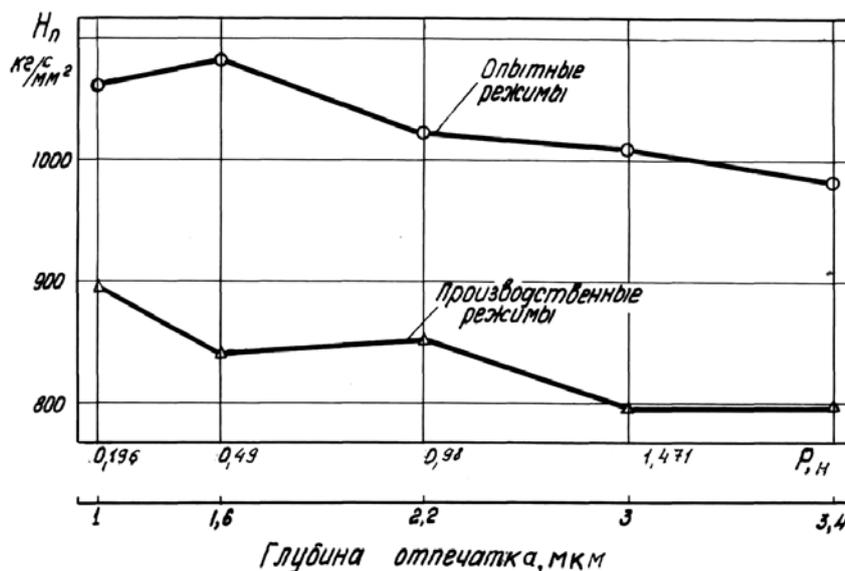


Рис. 4. Распределение микротвёрдости субповерхностных слоёв  $H_n$  по глубине

в зависимости от опытных ( $V_u = 29,4$  м/с,  $V_e = 47$  м/мин;  $\delta = 0,04$  мм;  $t = 0,5$  мм/мин,  $T_e = 14$  с) и производственных ( $V_u = 29,4$  м/с,  $V_e = 15,17$  м/мин;  $\delta = 0,08$  мм;  $t = 2$  мм/мин,  $T_e = 8$  с) режимов шлифования.

Влияние опытных режимов на  $H_{0,49}$  субповерхностных слоёв видно из точечной диаграммы и полигонов распределения (рис. 3). Причем, при шлифовании с этими режимами вершина полигона распределения смещается в сторону увеличения на  $433$  кгс/мм<sup>2</sup> против производственных, с одновременным увеличением частоты на  $7\%$  ( $36\%$  против  $29\%$ ).

Аналогичные эксперименты, но уже с изменением трех параметров обработки ( $V_e$ ,  $t$  и  $T_e$ ), были проведены при окончательном шлифовании крестовин с опытными ( $V_u = 29,4$  м/с,  $V_e = 47$  м/мин;  $\delta = 0,04$  мм;  $t = 0,5$  мм/мин,  $T_e = 14$  с) и производственными ( $V_u = 29,4$  м/с,  $V_e = 15,19$  м/мин;  $\delta = 0,04$  мм;  $t = 2$  мм/мин) режимами. Предварительная обработка производилась при умеренных режимах с установлением зависимостей  $H_{0,98} \sim h$  для операции предварительного шлифования и не шлифованной заготовки.

Из графиков следует, что в зависимости от интенсивности режимов резания меняется величина отпущенной зоны. Наибольший отпуск имеет место при шлифовании производственными режимами ( $214$  кгс/мм<sup>2</sup> с глубиной

отпущенной зоны  $0,185$  мм), а при шлифовании опытными – отпуск практически отсутствует.

Микротвёрдость субповерхностных слоёв, шлифованных с опытными режимами, по сравнению с производственными увеличивается по всем горизонтам, измеренным с нагрузками на индентор в  $0,196$ ,  $0,49$ ,  $0,98$ ,  $1,471$ ,  $1,962$  Н, соответственно, на  $164$ ,  $242$ ,  $172$ ,  $212$  и  $185$  кгс/мм<sup>2</sup> (рис. 4).

### Заключение

В результате выполненных исследований получены следующие выводы:

1. Наибольший отпуск поверхностных слоёв имеет место при шлифовании производственными режимами ( $214$  кгс/мм<sup>2</sup> с глубиной отпущенной зоны  $0,185$  мм), а при шлифовании опытными режимами отпуск практически отсутствует.

2. При шлифовании опытными режимами выявлены незначительные прижоги и полное отсутствие шлифовочных трещин, в то время как производственные режимы являются причиной образования на цапфах крестовин мно-

жества шлифовочных трещин и сильных прижогов.

3. Микротвёрдость субповерхностных слоёв, шлифованных с опытными режимами, по сравнению с производственными, увеличивается по всем горизонтам.

### Литература

1. Блуриян Р.Ш., Блуриян Д.Р., Блуриян И.Р. Исследование закономерностей формирования погрешностей формы, шероховатости и волнистости при врезном бесцентровом шлифовании цапф крестовин карданных валов в зависимости от скорости вращения ведущих кругов // *Машиностроение и безопасность жизнедеятельности*, 2012, № 1 (11). – С. 47-50.

2. Блуриян Р.Ш., Блуриян Д.Р., Блуриян И.Р. Исследование закономерностей формирования погрешностей формы, шероховатости и волнистости при врезном бесцентровом шлифовании цапф крестовин карданных валов в зависимости от минутной поперечной подачи // *Машиностроение и безопасность жизнедеятельности*, 2012, № 1 (11). – С. 51-54.

3. Блуриян Д.Р., Блуриян Р.Ш., Залазинский М.Г., Селихов Г.Ф., Блуриян И.Р. Исследование усталостной прочности торсионных валов, обработанных без операций шлифования // *Машиностроение и безопасность жизнедеятельности*, 2008, № 5. – С. 128-130.

4. Блуриян Р.Ш., Блуриян Д.Р., Блуриян И.Р. Исследование возможностей повышения ресурса работы торсионных валов технологическими методами // *Машиностроение и безопасность жизнедеятельности*, 2009, № 6. – С. 85-90.

5. Блуриян Р.Ш., Блуриян Д.Р., Блуриян И.Р. Исследование влияния режимов резания на качество поверхностей при врезном бесцентровом шлифовании // *Машиностроение и безопасность жизнедеятельности*, 2010, № 7. – С. 89-94.

6. Блуриян Р.Ш., Блуриян Д.Р., Блуриян И.Р. Технологические особенности формирования остаточных напряжений в поверхностных слоях торсионных валов при обкатывании // *Машиностроение и безопасность жизнедеятельности*, 2011, № 1. – С. 17-20.

7. Блуриян Д.Р., Блуриян Р.Ш., Блуриян И.Р. Исследование закономерностей формирования погрешностей формы при врезном бесцентровом шлифовании цапф крестовин карданных валов в зависимости от теплового состояния станка и временных перерывов в работе // *Машиностроение и безопасность жизнедеятельности*, 2013, № 1. – С. 45-49.

8. Блуриян Д.Р., Блуриян Р.Ш., Блуриян И.Р. Исследование закономерностей формирования погрешностей формы и шероховатости при врезном бесцентровом шлифовании цапф крестовин карданных валов в зависимости от состава и схемы подвода в зону шлифования технологической охлаждающей жидкости // *Машиностроение и безопасность жизнедеятельности*, 2013, № 2. – С. 49-53.

### References

1. *Blurtsyan R.S., Blurtsyan D.R., Blurtsyan I.R.* The study of regularities of formation form errors, surface roughness and waviness in the mortise centerless grinding pins frogs drive shafts, depending on the speed of the leading circles // *Engineering industry and life safety*, 2012, № 1 (11). – P. 47-50.

2. *Blurtsyan R.S., Blurtsyan D.R., Blurtsyan I.R.* The study of regularities of formation form errors, surface roughness and waviness in the mortise centerless grinding pins frogs drive shafts, depending on the momentary cross feed // *Engineering industry and life safety*, 2012, № 1 (11). – P. 51-54.

3. *Blurtsyan R.S., Blurtsyan D.R., Zalazinskiy M.N., Selihov G.F., Blurtsyan I.R.* Study fatigue torsion shafts treated without grinding operations // *Engineering industry and life safety*, 2008, № 5. – P. 128-130.

4. *Blurtsyan D.R., Blurtsyan R.S., Blurtsyan I.R.* Possibility of increasing the service life of the torsion shaft engineering methods // *Engineering industry and life safety*, 2009, № 6. – P. 85-90.

5. *Blurtsyan D.R., Blurtsyan R.S., Blurtsyan I.R.* Investigation of the effect on the quality of the cutting surfaces with mortise centerless grinding // *Engineering industry and life safety*, 2010, № 7. – P. 89-94.

6. *Blurtsyan D.R., Blurtsyan R.S., Blurtsyan I.R.* Technological features of the formation of residual stresses in the surface layers of the torsion shafts running // *Engineering industry and life safety*, 2011, № 1. – P. 17-20.

7. *Blurtsyan D.R., Blurtsyan R.S., Blurtsyan I.R.*  
The study of shape error formation regularity in the plunge centerless grinding of driveshaft cross-piece journals based on the thermal state of the machine and temporary stops // *Engineering industry and life safety*, 2013, № 1. – P. 45-49.

8. *Blurtsyan D.R., Blurtsyan R.S., Blurtsyan I.R.*  
The research of regularities in finding shape errors and roughness in cut-in centreless grinding of driveshaft cross-piece journals in accordance with the coolant composition and its supply scheme to the grinding area // *Engineering industry and life safety*, 2013, № 2. – P. 49-53.

**Статья поступила в редакцию 21 мая 2014 г.**

---

*Блурцян Давид Рафаелович* – доктор технических наук, Сандвик-Коромант, Швеция. E-mail: davidrafmontreal@gmail.com

*Блурцян Рафик Шаваршович* – кандидат технических наук, профессор кафедры «Технология машиностроения» Муромского института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром, Россия. E-mail: raf-blur@yandex.ru

*Блурцян Иосиф Рафаелович* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология машиностроения» Муромского института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром, Россия. E-mail: iosifraf@list.ru

---

*Blurtsyan David Rafaelovich* – Professor, Sandvik Coromant, Sweden. E-mail: davidrafmontreal@gmail.com

*Blurtsyan Rafic Shavarfovich* – Ph.D., Murom Institute of Vladimir State University, Murom, Russia. E-mail: raf-blur@yandex.ru

*Blurtsyan Iosif Rafaelovich* – Ph.D., Murom Institute of Vladimir State University, Murom, Russia. E-mail: iosifraf@list.ru