

УДК 621.8

Исследование закономерностей формирования физико-механических свойств качества поверхностей цапф крестовин карданных валов при врезном бесцентровом шлифовании в зависимости от элементов режимов шлифования

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

В работе выполнены исследования по установлению закономерностей формирования микротвёрдости поверхностных слоёв цапф крестовин карданных валов грузовых автомашин в зависимости от элементов режимов врезного бесцентрового шлифования. Исследовано влияние скорости резания, скорости вращения ведущих кругов, минутной поперечной подачи, припуска на обработку и времени выхаживания на микротвёрдость поверхностных слоёв цапф крестовин. Разработана общая методика исследования микротвёрдости поверхностей цапф крестовин. Установлены предельные значения изменения элементов режимов врезного бесцентрового шлифования. На основании выполненных исследований подготовлены рекомендации по повышению качества поверхностей цапф крестовин в зависимости от элементов режимов шлифования. Установлено, что увеличение скорости шлифования практически не влияет на распределение микротвёрдости в глубину, а на субповерхностных слоях по всем горизонтам микротвёрдость существенно растёт.

Ключевые слова: крестовины, бесцентровое шлифование, скорость шлифования, скорость ведущих кругов, припуск на шлифование, подача, время выхаживания, микротвёрдость.

The study of patterns for developing physical and mechanical properties of surface quality for driveshaft cross-piece journals under in-feed centerless grinding according to grinding element modes

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

The paper presents the study aimed at establishing patterns for figuring surface layer microhardness of driveshaft cross-piece journals of trucks according to the elements of feed-in centerless grinding modes. The effect of cutting speed, drive wheel rotation speed, minute cross feed, stock allowance and the access time for the surface layer microhardness of cross-piece journals is considered. A general technique for considering microhardness of cross-piece journal surface is designed. Limiting value variation of in-feed centerless grinding modes is identified. Reasoning from the performed study, the recommendations to improve cross-piece journal surface according to grinding element modes are given. It is found that the increase in grinding speed has almost no effect on the microhardness distribution in depth, while microhardness increases significantly on the subsurface layers through all the levels.

Keywords: cross-piece, centerless grinding, grinding speed, drive wheel speed, stock allowance for grinding, feed, access time, microhardness.

Введение и постановка задачи

Обеспечение высокого качества обработанных поверхностей является актуальной задачей в условиях машиностроительных предприятий. Формирование параметров качества поверхностей зависит от большого количества технологических факторов. Наиболее важными технологическими факторами в усло-

виях выполнения различных методов обработки резанием являются элементы режимов резания.

На формирование физико-механических свойств поверхностных слоёв большое влияние оказывают наряду с режимами резания технологические факторы, связанные с теплообразованием, микроструктурными изменени-

ями, с отпуском или вторичной закалкой поверхностных слоёв.

С учетом контактных нагрузок, влияющих на поверхности цапф крестовин при эксплуатации, важно обеспечить высокое качество поверхностных слоёв, исключить образование шлифовочных прижогов и шлифовочных трещин в рабочих поверхностях крестовин карданных валов.

Цель работы – провести исследование закономерностей формирования физико-механических свойств качества поверхностей цапф крестовин карданных валов при врезном бесцентровом шлифовании в зависимости от элементов режимов шлифования.

Микротвёрдость поверхностных слоёв – H_n определялась методом косых (иногда прямых) срезов.

Под субповерхностной принята микротвёрдость на глубине до нескольких микрометров от поверхности.

Измерения микротвёрдости производились с применением микротвёрдомеров ПМТ-3, ПМТ-5 при нагрузках на индентор в 0,196; 0,49; 0,98; 1,471 и 1,96 Н.

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

Из элементов режимов шлифования исследовались: скорость шлифования – V_u (28 – 40 м/с), скорость ведущих кругов – круговая подача – V_g (11 – 66 м/мин), минутная поперечная подача – t (0,5 – 14,4 мм/мин), припуск на шлифование – δ (0,01 – 0,12 мм), время выхаживания – T_g (2 – 40 с).

Результаты исследования

Ниже приводятся результаты влияния элементов режимов шлифования на качество поверхностей цапф крестовин.

Распределение микротвёрдости поверхности в глубину при различных скоростях окончательного шлифования представлено на рис. 1. Как видно, изменение V_u от 28 до 35 м/с практически не влияет на характер кривых $H_{0,49} \sim h$ ($H_{0,49}$ – микротвёрдость при нагрузке на индентор в 0,49 Н.).

Однако следует отметить, что изменение условий ведения процесса может привести также к другому характеру этих зависимостей. Последнее обусловлено тем, что повышение V_u проявляется увеличением трения и тепловыделения с соответственно большим протеканием явлений отрыва. Причем, в зависимости от скорости охлаждения нагретых поверхностных слоев возможны и структурные изменения.

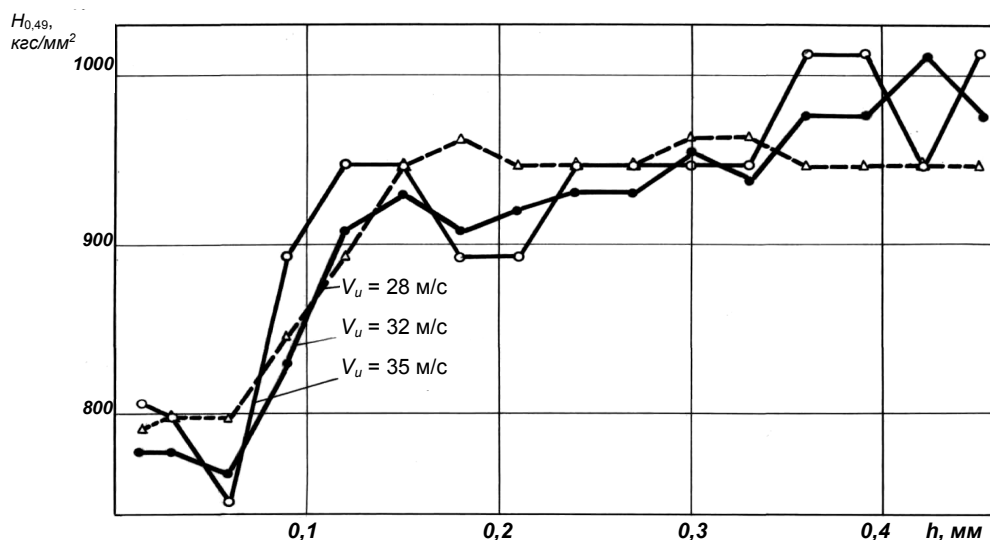


Рис. 1. Распределение микротвёрдости $H_{0,49}$ по глубине поверхностного слоя h в зависимости от скорости шлифования V_u ($V_g = 15,2$ м/мин, $t = 2$ мм/мин; $\delta = 0,04$ мм; $T_g = 5$ с)

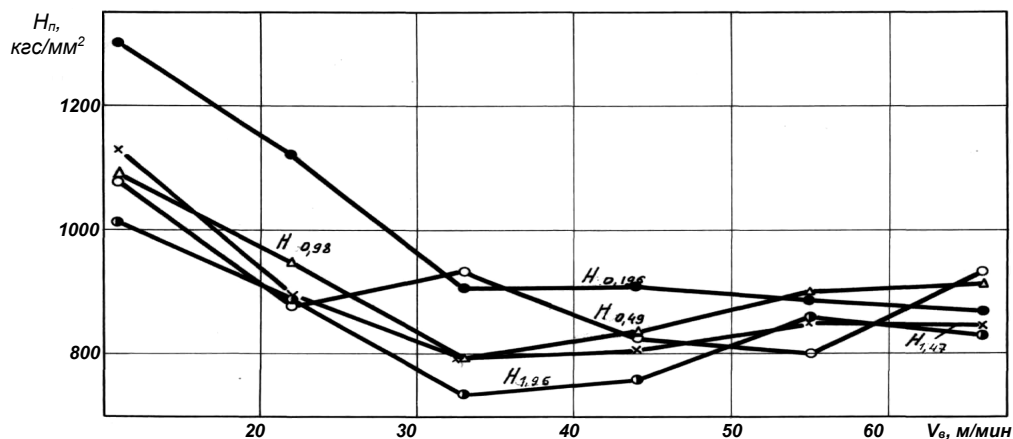


Рис. 2. Распределение микротвердости субповерхностных слоев H_n по глубине в зависимости от скорости ведущих кругов V_g ($V_g = 31,5$ м/мин, $t = 3$ мм/мин; $\delta = 0,04$ мм; $T_g = 0$).

При шлифовании без выхаживания с увеличением скорости ведущих кругов от 11 до 66 м/мин, микротвердость поверхности до $V_g = 33$ м/мин, уменьшается, а затем стабилизируется (рис. 2). При этом, в диапазоне увеличения V_g от 11 до 33 м/мин, H_n слоев металла, измеренных при нагрузке в 0,196, 0,49, 0,981, 1,471 и 1,96 Н, снижается соответственно на 396, 147, 295, 340, 291 кгс/мм².

Следует отметить, что в связи с интенсивностью процесса шлифования и отсутствием выхаживания, строгая закономерность распределения микротвердости исследованных слоёв по глубине отсутствует.

При предварительном и окончательном шлифовании крестовин ККР исследовано распределение микротвердости по глубине для скоростей ведущих кругов 18,8 и 56,6 м/мин. Установлено, что от поверхности в глубину микротвердость растёт, причем шлифование с большими V_g ведет к значительному повышению $H_{0,98}$, а отпуск практически исчезает. Так, например, если при предварительном шлифовании с $V_g = 56,6$ м/мин отпуск поверхностных слоев почти отсутствует, при $V_g = 18,8$ м/мин имеет место падение H_n до 683 кгс/мм² против исходной в 940 кгс/мм² на глубине порядка 0,2 мм. При окончательном же шлифовании с $V_g = 56,6$ м/мин структурные изменения поверхностных слоев практически отсутствуют, а

при $V_g = 18,8$ м/мин отпуск распространяется на глубину 0,12 мм с минимальным $H_{0,98}$ в 724 кгс/мм² против исходной – 900 кгс/мм².

При предварительном шлифовании без выхаживания с увеличением минутной поперечной подачи от 0,75 до 3 мм/мин происходит следующее:

- а) глубина отпущенного слоя растёт с 0,032 до 0,156 мм;
- б) перепад микротвердости поверхностных слоев относительно исходной увеличивается с 54 до 335 кгс/мм².

При шлифовании с выхаживанием увеличение подачи от 0,75 до 3 мм/мин (рис. 3) ведёт к повышению:

- а) глубины отпущенного слоя от 0,028 до 0,1 мм;
- б) перепада микротвердости поверхностных слоев относительно исходной от 204 до 305 кгс/мм².

Следует отметить, что увеличение отпуска поверхностных слоев при $t = 0,75$ мм/мин, относительно подобной кривой без выхаживания, происходит вследствие уменьшения зернистости шлифовальных кругов (с № 25 до № 16). При $t = 3$ мм/мин с поверхности виден тонкий слой вторичной закалки глубиной от 0,001 до 0,003 мм (преимущественно 0,001 мм). Указанный слой при $t = 0,75$ мм/мин исчезает.

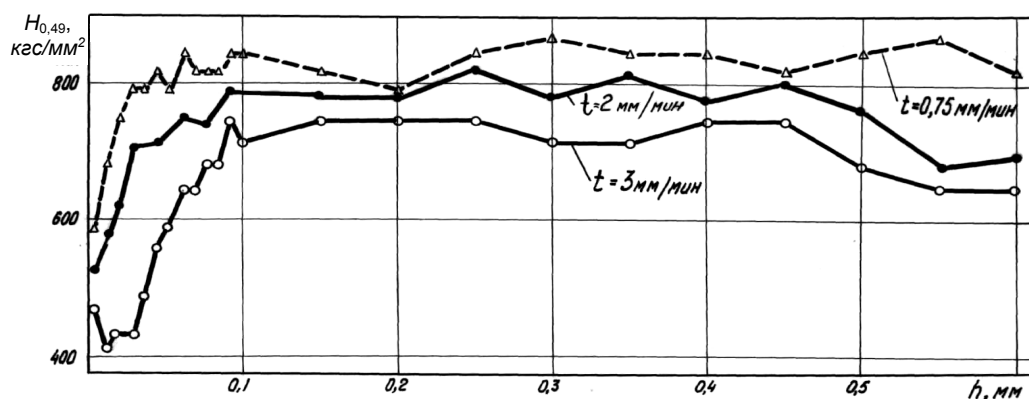


Рис. 3. Распределение микротвёрдости $H_{0,49}$ по глубине поверхностного слоя h в зависимости от минутной поперечной подачи t при шлифовании с выхаживанием ($V_u = 30,5$ м/с, $V_g = 13,5$ м/мин; $\delta = 0,05$ мм; $T_g = 5$ с).

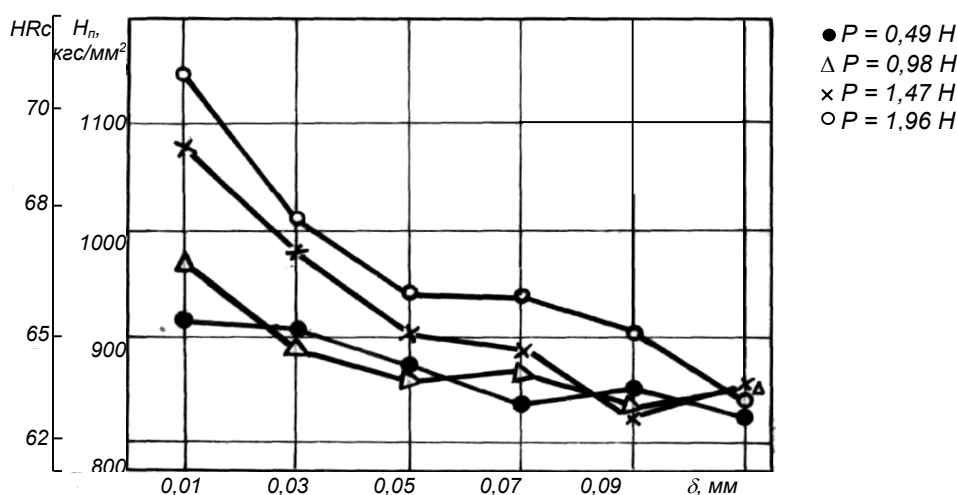


Рис. 4. Распределение микротвёрдости субповерхностных слоев H_n по глубине в зависимости от припуска на шлифование δ ($V_u = 34$ м/с, $V_g = 3,48$ м/мин; $t = 4$ мм/мин; $T_g = 10$ с).

При шлифовании с выхаживанием увеличение подачи в отмеченном выше диапазоне приводит также к снижению микротвердости поверхностных слоев, измеренных с нагрузкой на индентор 0,196, 0,49, 0,981, 1,471, 1,962 Н соответственно, на 213, 162, 144, 88 и 80 кгс/мм². Характерно, что H_n до $t = 4$ мм/мин уменьшается, а при больших подачах несколько растет. Зависимость микротвердости в глубину горбообразная, с максимумом при нагрузке на индентор в 0,49 Н и снижением величины H_n при $P = 0,196$ Н, $P > 0,49$ Н. Последнее имеет место при $t < 4$ мм/мин. Если же $t \geq 4$ мм/мин, микротвердость шлифованной поверхности монотонно уменьшается в глубину.

Установленные изменения качества шлифованных поверхностей при увеличении подачи обусловлены ростом объема срезаемого в единицу времени металла, увеличением температуры шлифования и глубины структурно-измененной зоны.

Исследования влияния припуска на шлифование выполнялись при окончательном шлифовании в диапазоне изменения припуска от 0,01 до 0,11 мм (рис. 4). Как видно, повышение припуска ведет к снижению микротвердости всех горизонтов субповерхностного слоя. При этом, с увеличением δ от 0,01 до 0,11 мм H_n слоев, измеренных с приведенной нагрузкой на индентор, уменьшаются для нагрузки 0,49

Н на 307 кгс/мм²; для 0,89 Н – на 111 кгс/мм²; для 1,471 Н – на 223 кгс/мм²; для 1,96 Н – на 92 кгс/мм².

При окончательном шлифовании с увеличением времени выхаживания от 2 до 20 с (рис. 5) микротвёрдость горизонтов, измеренных с нагрузками в 0,196, 0,19, 0,98 и 1,96 Н, увеличивается, соответственно, на 360, 294, 289, 168 кгс/мм².

Распределение микротвёрдости в глубину для всех значений T_s (за исключением T_s 15 с) горбообразное с максимумом при нагрузке в 0,49 Н. При этом, как увеличение, так и уменьшение T_s относительно 15 с, ведёт к увеличению горба зависимости $H_n \sim$ глубина отпечатка.

Если при $T_s = 2$ с разница между $H_{0,49}$ и $H_{0,196}$ составляла 119 кгс/мм², то при $T_s = 15$ с – равна 5 кгс/мм², а при $T_s = 20$ с достигает 45 кгс/мм². Установленное соотношение между $H_{0,49}$ и $H_{0,196}$ обусловлено повышением упрочнения слоёв, лежащих на глубине 0,86-1,12 мкм при увеличении времени выхаживания до

15 с с одновременным ростом разупрочнения, превалирующим над первым, при $T_s > 15$ с. Подтверждением этих закономерностей является существенное увеличение прижогов при $T_s > 15$ с. На основании полученных результатов можно ожидать, что микротвёрдость слоев, лежащих выше горизонта измерений с $P = 0,196$ Н при $T_s > 15$ с уменьшается по сравнению с $H_{0,196}$.

При окончательном шлифовании исследовалось влияние больших циклов выхаживания (от 7 до 25 с) на микротвёрдость поверхности.

Окончательным шлифованием крестовин с изменением времени выхаживания от 7 до 30 с установлено, что при больших T_s , неоднородность H_n шлифованной поверхности увеличивается. Из полигонов распределения $H_{0,98}$ следует, что повышение T_s от 7 до 30 с, наряду с увеличением средней микротвёрдости (1023-1069 кгс/мм²) при $T_s = 30$ с против 809 кгс/мм² при $T_s = 7$ с (приводит к расширению поля рассеивания (соответственно 579 кгс/мм² против 533 кгс/мм²).

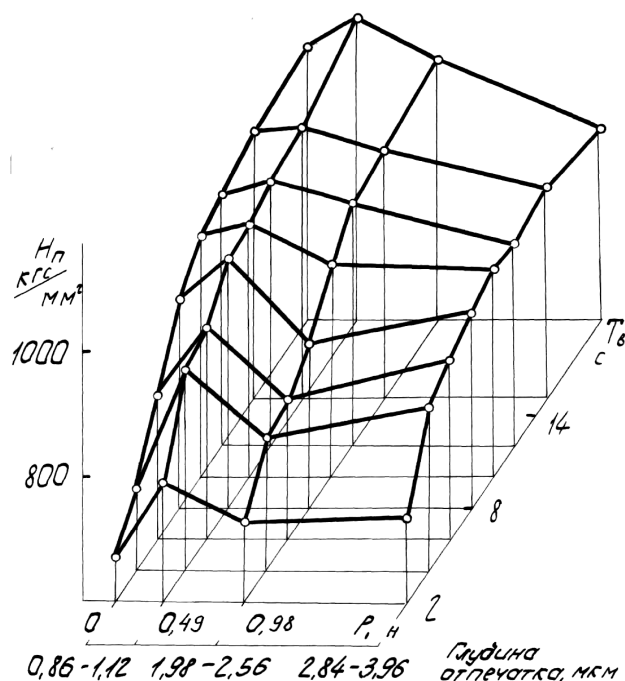


Рис. 5. Распределение микротвёрдости субповерхностных слоев H_n по глубине в зависимости от времени выхаживания T_s ($V_u = 33,6$ м/с, $V_s = 13,6$ м/мин; $\delta = 0,04$ мм; $t = 4$ мм/мин)

Механизм воздействия выхаживания на физико-механические свойства шлифованной поверхности заключается в уменьшении элементов сечения среза вследствие постепенного снятия натяга системы «шлифовальная бабка-заготовка-бабка ведущего круга». До определенных величин увеличение T_v положительно сказывается на свойствах шлифованной поверхности, повышая H_n за счет абразивного воздействия. Однако, при больших значениях времени выхаживания резание почти прекращается.

Заключение

Элементы режимов резания оказывают большое влияние на физико-механическое состояние шлифованных поверхностей.

1. Увеличение скорости шлифования практически не влияет на распределение микротвердости в глубину, а на субповерхностных слоях по всем горизонтам микротвердость существенно растет.

2. Увеличение скорости ведущих кругов при шлифовании с выхаживанием ведет к понижению глубины зоны с измененной структурой и уменьшению перепада микротвердости поверхности относительно исходной.

3. Повышение минутной поперечной подачи при предварительном и окончательном шлифовании ведет к значительному снижению микротвердости и увеличению глубины отпущенного слоя.

4. С увеличением припуска микротвердость субповерхностных слоев значительно падает.

5. Увеличение времени выхаживания до определенных величин ведет к повышению микротвердости субповерхностных слоев по всем горизонтам с некоторой стабилизацией и спадом при больших значениях.

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