

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВРЕЗНОГО БЕСЦЕНТРОВОГО ШЛИФОВАНИЯ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ШЛИФОВАННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

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

Муромский институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», Муром, Россия (602264, Муром, ул. Орловская, д. 23), e-mail: oid@mivlgu.ru

В работе приводятся результаты исследований по совершенствованию технологического процесса врезного бесцентрового шлифования крестовин карданных валов грузовых автомашин с целью обеспечения высоких физико-механических параметров качества шлифованных поверхностей. Получены результаты, обеспечивающие повышение качества поверхностей цапф крестовин карданных валов. Представлены результаты исследований влияния элементов режимов резания врезного бесцентрового шлифования на микротвёрдость шлифованных поверхностей. Показана целесообразность использования рекомендуемых режимов шлифования при обработке крестовин карданных валов. Разработана методика исследования физико-механического состояния шлифованных поверхностей. Выявлены механизмы формирования микротвёрдости поверхностных слоёв шлифованных поверхностей в зависимости от скорости шлифования, скорости вращения ведущих кругов, минутной поперечной подачи, припуска на шлифование и времени выхаживания.

Ключевые слова: крестовина, врезное бесцентровое шлифование, качество поверхностей, микротвёрдость, режимы шлифования.

RESEARCH OF WEAR RESISTANCE OF CORES OF RAILROAD SWITCHES FROM THE HIGH-MANGANIC STEEL 110G13L, SUBJECTED TO HIGH-TEMPERATURE GAS-STATIC PROCESSING

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

Murom institute (branch) of FGBOU VPO "Vladimir state university of a name of Alexander Grigoryevich and Nikolay Grigoryevich Stoletovykh", Murom, Russia (602264, Murom, Orlovskaya St., 23), e-mail: oid@mivlgu.ru

Results of researches on improvement of technological process of cut-in centerless grinding of crosspieces of driveshafts of cargo cars are given in work for the purpose of ensuring high physicomachanical parameters of quality of polished surfaces. The results providing improvement of quality of surfaces of pins of crosspieces of driveshafts are received. Results of researches of influence of elements of modes of cutting of cut-in centerless grinding on the microhardness of polished surfaces are presented. Expediency of use of recommended modes of grinding is shown when processing crosspieces of driveshafts. The technique of research of a physicomachanical condition of polished surfaces is developed. Mechanisms of formation of microhardness of blankets of polished surfaces depending on the speed of grinding, speed of rotation of leading circles, minute cross giving, an allowance on grinding and nursing time are revealed.

Keywords: crosspiece, cut-in centerless grinding, quality of surfaces, microhardness, grinding modes.

Введение

Повышение надёжности и долговечности – актуальный вопрос техники и, в частности, машиностроения.

Надёжность машины закладывается при конструировании и осуществляется при изготовлении. Одним из путей её повышения является создание в процессе механической обработки поверхностей с оптимальными эксплуатационными параметрами.

Непрерывно растущие требования к качеству изделий вызывают необходимость установления закономерностей формирования показателей качества поверхности для направленного управления уровнем надёжности и долговечности машин. Последнее

преимущественно относится к окончательным операциям, подавляющее большинство которых выполняется шлифованием.

Цель исследования

Сложность процесса резания, имея в виду большое число переменных, исключает возможность обобщения имеющихся результатов и их практического использования в конкретных условиях производства. Следовательно, для создания качественных поверхностей возникает необходимость в исследовании технологических процессов обработки резанием и в первую очередь их окончательных операций [5, 3].

Исходя из поставленных задач, разработана методика с использованием современной аппаратуры и средств вычислительной техники. Представлен обобщённый материал о влиянии технологических факторов на качество цапф крестовин. В результате установлены оптимальные условия шлифования крестовин карданных валов, обеспечивающие получение наиболее предпочтительных физико-механических свойств шлифованных поверхностей при высоких эксплуатационных показателях [4, 1, 2].

Материал и методы исследований

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

Микротвёрдость определялась на приборе ПМТ-3, тщательно эталонированном по чистому алюминию.

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

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

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

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

Распределение микротвёрдости в глубину при различных скоростях шлифования представлено на рисунке 1. Как видно, изменение V_n от 28 до 35 м/с практически не влияет на характер кривых микротвёрдости по глубине.

Однако следует отметить, что изменение условий ведения процесса может привести также к другому характеру этих зависимостей. Последнее обусловлено тем, что повышение V_n

проявляется увеличением трения и тепловыделением с соответственно большим протеканием явлений отдыха.

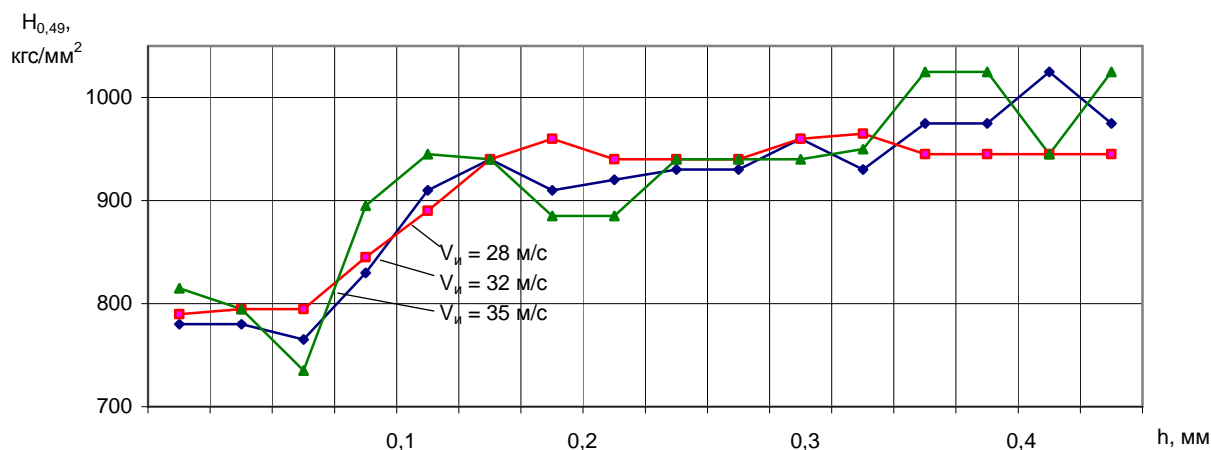


Рисунок 1. Распределение микротвердости $H_{0,49}$ по глубине поверхностного слоя h в зависимости от скорости шлифования V_u ($V_B = 15,2$ м/мин, $t = 2$ мм/мин; $\delta = 0,04$ мм; $T_B = 5$ с)

Из результатов окончательного шлифования крестовин ККР (рис. 2) видно, что V_u существенно влияет на микротвердость субповерхностных слоев. При этом увеличение скорости от 28 до 35 м/с ведет к повышению микротвердости всех исследованных горизонтов шлифованной поверхности. Разница H_{Π} в направлении слоев, лежащих глубже, уменьшается. Так, например, если на глубине 0,82–0,93 мкм ($P = 0,196$ Н) разность микротвердостей составляет 262 кгс/мм², то на глубине 3,03–3,11 мкм ($P = 1,96$ Н) – равна 41 кгс/мм².

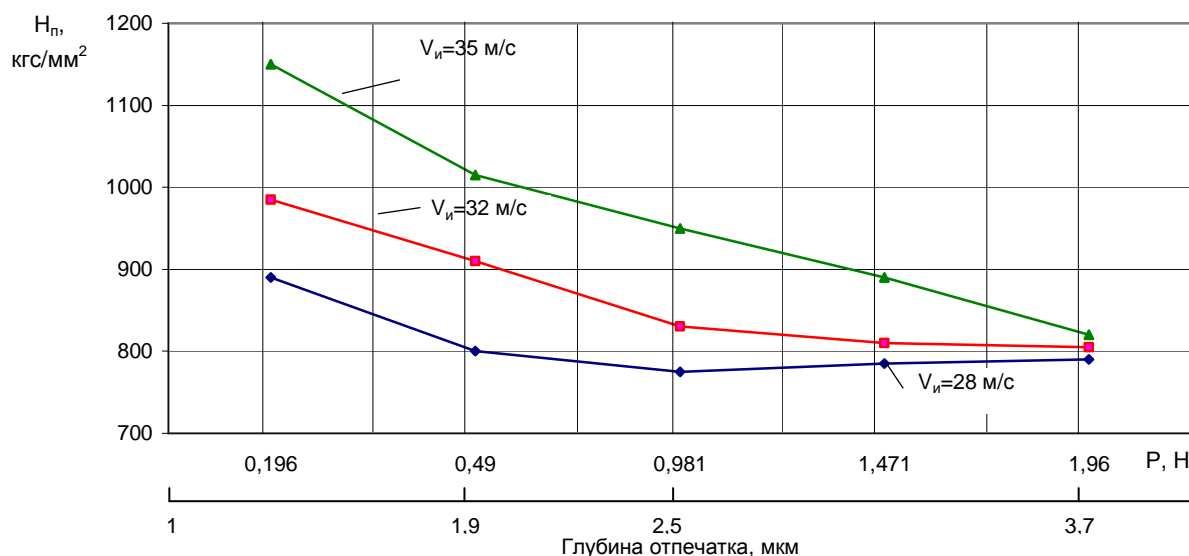


Рисунок 2. Распределение микротвердости субповерхностных слоев H_{Π} по глубине в зависимости от скорости шлифования V_u ($V_B = 17,5$ м/мин, $t = 6$ мм/мин; $\delta = 0,05$ мм; $T_B = 5$ с)

Отмеченное повышение микротвердости субповерхностных слоев объясняется структурными превращениями и в основном увеличением степени абразивного воздействия круга за цикл выхаживания.

Влияние скорости ведущих кругов представлено на рисунке 3. При шлифовании без выхаживания с увеличением скорости ведущих кругов от 11 до 66 м/мин, микротвердость поверхности до $V_B = 33$ м/мин, уменьшается, а затем стабилизируется. При этом в диапазоне увеличения V_B от 11 до 33 м/мин, $H_{\text{п}}$ 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.

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 растет, причем шлифование с большими V_B ведет к значительному повышению $H_{0,98}$, а отпуск практически исчезает. Так, например, если при предварительном шлифовании с $V_B = 56,6$ м/мин отпуск поверхностных слоев почти отсутствует, при $V_B = 18,8$ м/мин имеет место падение $H_{\text{п}}$ до 683 кгс/мм² против исходной в 940 кгс/мм² на глубине порядка 0,2 мм. При окончательном же шлифовании с $V_B = 56,6$ м/мин структурные изменения поверхностных слоев практически отсутствуют, а при $V_B = 18,8$ м/мин отпуск распространяется на глубину 0,12 мм с минимальным $H_{0,98}$ в 724 кгс/мм² против исходной – 900 кгс/мм².

Резюмируя, можно отметить, что увеличение скорости ведущих кругов при шлифовании в режиме выхаживания ведет к уменьшению глубины отпущенной зоны и увеличению микротвердости субповерхностных слоев.

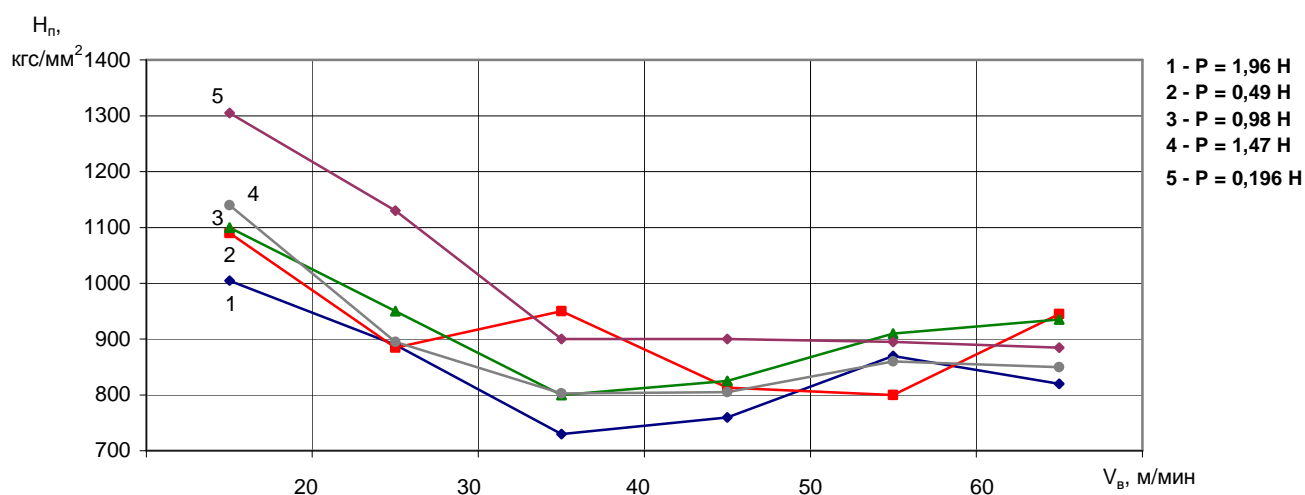


Рисунок 3. Распределение микротвердости субповерхностных слоев $H_{\text{п}}$ по глубине в зависимости от скорости ведущих кругов V_B ($V_B = 31,5$ м/мин, $t = 3$ мм/мин; $\delta = 0,04$ мм; $T_B = 0$)

Сокращение глубины структурно-измененной зоны при больших V_b обусловлено снижением длительности теплового воздействия круга с поверхностью контакта. При предварительном шлифовании 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 микротвёрдости 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. 4) ведёт к повышению:

- а) глубины отпущенного слоя от 0,028 до 0,1 мм;
- б) перепада микротвёрдости 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. 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.

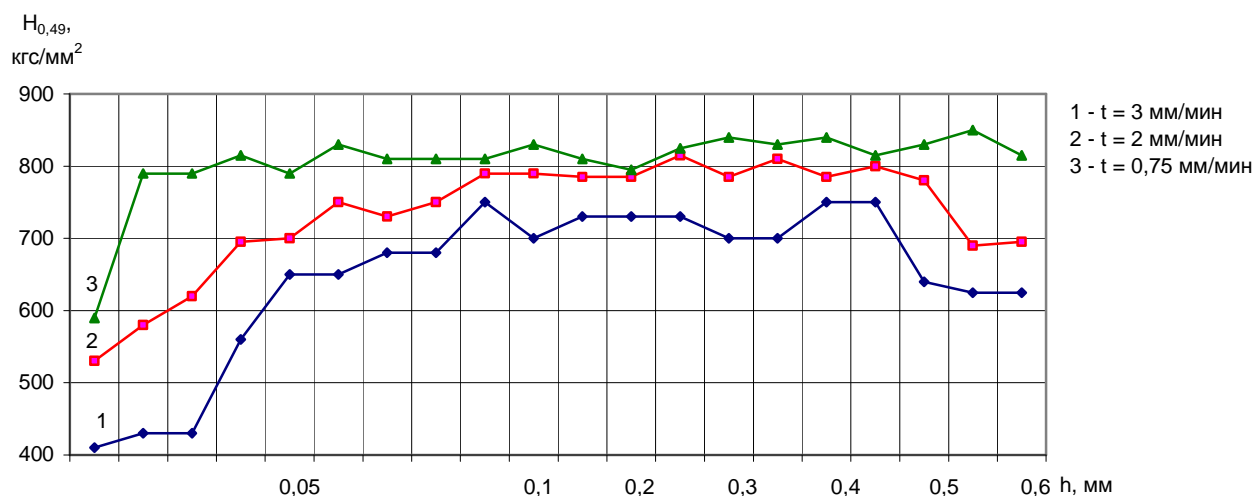


Рисунок 4. Распределение микротвёрдости $H_{0,49}$ по глубине поверхностного слоя h в зависимости от минутной поперечной подачи t при шлифовании с выхаживанием ($V_n = 30,5$ м/с, $V_b = 13,5$ м/мин; $\delta = 0,05$ мм; $T_b = 5$ с)

При окончательном шлифовании без выхаживания микротвёрдость субповерхностных слоев с увеличением подачи уменьшается. Причём, изменение t от 0,5 до 5 мм/мин ведёт к

уменьшению микротвердости поверхности, измеренной при нагрузках в 0,196, 0,49, 0,981, 1,471, 1,962 Н соответственно, на 109, 189, 140, 150 и 143 кгс/мм².

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 растёт. 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.

При окончательном шлифовании крестовин ККР ($V_n = 34,3$ м/с, $V_b = 14,1$ м/мин; $\delta = 0,07$ мм; $T_b = 5$ с), повышение минутной подачи от 0,92 до 6 мм/мин ведет к снижению $H_{0,98}$ шлифованной поверхности в среднем на 210 кгс/мм².

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

В зависимости от интенсивности режимов резания и скорости охлаждения, увеличение поперечной подачи может привести и к повышению субповерхностной микротвердости за счет протекания в тончайших поверхностных слоях явлений вторичной закалки.

Исследования влияния припуска на шлифование выполнялись при окончательном шлифовании в диапазоне изменения припуска от 0,01 до 0,11 мм (рис. 5). 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 при 0,49 Н на 307 кгс/мм²; 0,89 Н на 111 кгс/мм²; 1,471 Н на 223 кгс/мм²; 1,96 Н на 92 кгс/мм².

Таким образом, по мере увеличения припуска, физико-механические свойства шлифованной поверхности ухудшаются из-за увеличения общего потока тепла, переходящего в заготовку из зоны резания, приводящего к структурным изменениям поверхностных слоев металла, возникновению трещин и прижогов.

Установлено существенное влияние времени выхаживания T_b на физико-механические свойства шлифованных поверхностей.

При окончательном шлифовании с увеличением времени выхаживания от 2 до 20 с 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_b (за исключением $T_b = 15$ с) горбообразное с максимумом при нагрузке в 0,49 Н.

Если при $T_b = 2$ с разница между $H_{0,49}$ и $H_{0,196}$ составляла 119 кгс/мм², то при $T_b = 15$ с – равна 5 кгс/мм², а при $T_b = 20$ 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 $T_b > 15$ с. Подтверждением этих закономерностей является существенное увеличение прижогов при $T_b > 15$ с. На основании полученных результатов можно ожидать, что микротвёрдость слоёв, лежащих выше горизонта измерений с $P = 0,196$ Н при $T_b > 15$ с, уменьшается по сравнению с $H_{0,196}$.

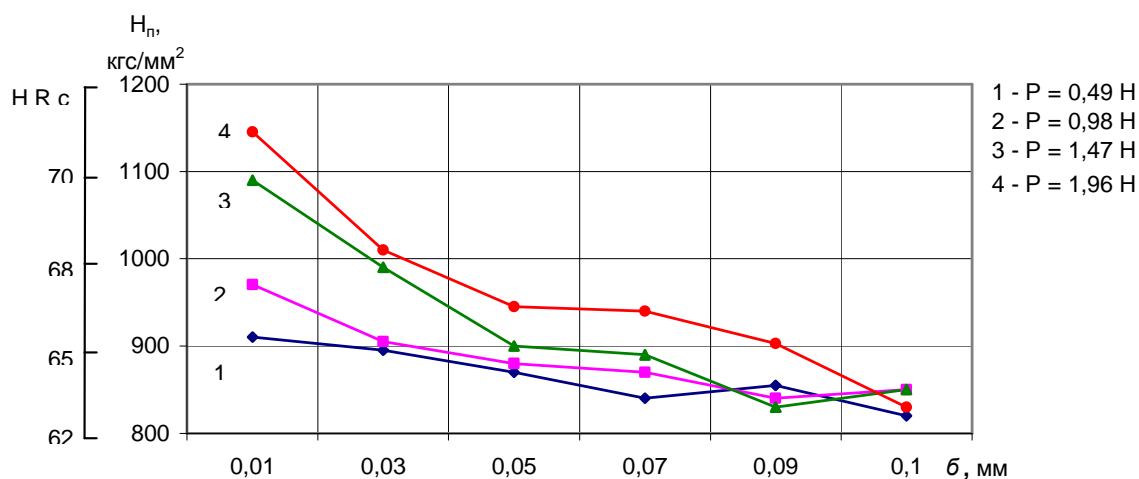


Рисунок 5. Распределение микротвёрдости субповерхностных слоёв H_p по глубине в зависимости от припуска на шлифование δ ($V_n = 34$ м/с, $V_b = 3,48$ м/мин; $t = 4$ мм/мин; $T_b = 10$ с)

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

Анализ кривой $H_{0,98} \sim T_b$ показал, что последняя имеет горбообразный характер с максимумом при $T_b = 20$ с. Причем, если при $T_b = 20$ с $H_{0,98} = 947$ кгс/мм², то при $T_b = 7$ и 25 с – микротвёрдость, соответственно, уменьшается до 84 и 919 кгс/мм².

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_b положительно сказывается на свойствах шлифованной поверхности, повышая H_p за счет абразивного воздействия. Однако при некоторых значениях

времени выхаживания резание почти прекращается, и, следовательно, усиливаются явления трения и теплообразования (условное напряжение резания растет). Именно этим и можно объяснить существенное увеличение прижогов.

Выводы

1. Элементы режимов резания оказывают большое влияние на физико-механические свойства шлифованных поверхностей.
2. Увеличение скорости шлифования практически не влияет на распределение микротвердости в глубину, а на субповерхностных слоях по всем горизонтам микротвердость существенно растет.
3. Увеличение скорости ведущих кругов при шлифовании с выхаживанием ведет к понижению глубины зоны с измененной структурой и уменьшению перепада микротвердости поверхности относительно исходной.
4. Повышение минутной поперечной подачи при предварительном и окончательном шлифовании ведет к значительному снижению микротвердости и увеличению глубины отпущенного слоя.
5. С увеличением припуска микротвердость субповерхностных слоев значительно падает.
6. Увеличение времени выхаживания до определенных величин ведет к повышению микротвердости субповерхностных слоев по всем горизонтам с некоторой стабилизацией и спадом при больших значениях.
7. На основании изложенных выше выводов следует, что путем совершенствования процесса врезного бесцентрового шлифования возможно существенно улучшить физико-механические свойства шлифованных поверхностей.

Список литературы

1. Выбор режимов шлифования закаленной стали 3X / А.С. Венжега, М.Я. Белкин // Машиностроение: Информац. научно-технический сб. – 1964. – № 5 (29). – 51.
2. Глубина и характер изменения структуры закаленной легированной стали при её шлифовании / М.Р. Бессер, Л.В. Басков // Вестник машиностроения. – 1963. – № 9. – С. 67-69.
3. Костецкий Б.И., Колесниченко Н.Ф. Качество поверхности и трение в машинах. – Киев: Изд-во «Техника», 1969.
4. Лурье Г.Б. Прогрессивные методы круглого шлифования. – Ленинград: Изд. «Машиностроение», 1967.
5. Маталин А.А. Качество поверхностей и эксплуатационные свойства деталей машин. – Изд. «Машгиз», 1972.

Рецензенты:

Соловьёв Д.Л., д.т.н., профессор кафедры автоматизированного проектирования машин и технологических процессов Муромского института (филиала) ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром.

Шпаков П.С., д.т.н., профессор кафедры автоматизированного проектирования машин и технологических процессов Муромского института (филиала) ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром.