

Таким образом, результаты экспериментальных исследований подтвердили предположения о роли наследуемых от предварительной обработки технологических остаточных напряжений в процессе упруго-пластического контакта и положительное влияние их предварительной релаксации в образовании регулярного микрорельефа при ультразвуковом алмазном выглаживании с касательно-осевым наложением УЗК.

Список литературы: 1. Шнейдер, Ю. Г. Образование регулярных микрорельефов на деталях и их эксплуатационные свойства. Л.: Машиностроение, 1972, 240с. 2. А. с. 1523316, МПК⁶ В 24 В 39/00. Способ упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием / Бондаренко В. М., Литвак В. П., Куликов В. Т., Балакин В. Ф. – № 3900501/23-27 ; заявл. 23.05.85 ; опубл. 23.11.89, Бюл. № 43. – 4 с. : ил. 3. Марков, А.И. Ультразвуковая обработка материалов. - М.: Машиностроение, 1980.– 237 с. 4. Бабичев, А. П. Отделочно-упрочняющая обработка деталей многоконтактным виброударным инструментом. / А. П. Бабичев, П. Д. Мотренко и др. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2003. – 192 с. 5. Смелянский, В.М. Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием. – М.: Машиностроение, 2002. – 300 с. 6. Крагельский, И. В., Виноградова, И. Э. Коэффициенты трения. М.: Машиностроение. 1962, – 220 с. 7. Киселев Е.С. Новые методы ультразвуковой стабилизации остаточных напряжений в прецизионных шлифованных деталях технологических машин / Е.С. Киселев, В.Н. Ковальногов, А.А. Норкин // Сб. трудов VII МНТК «Динамика технологических систем – 2004». – Саратов: СГТУ, 2004. – С. 192 – 195.

Сдано в редакцию 20.05.07

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМБИНИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ ПРЕЦИЗИОННЫХ ВАЛОВ ТОЧЕНИЕМ И АЛМАЗНЫМ ВЫГЛАЖИВАНИЕМ

Ковальногов В.Н. (УлГТУ, г. Ульяновск, Россия)

Results of research of efficiency of different schemes of combined machining of shafts by turning and a diamond burnishing with superposition of an ultrasonics are given. It is established, that radial turning of a wavecrest of the material displaced by burnisher, promotes decreasing of forces of a burnishing up to 2,3 times at simultaneous increase of depth of distribution of compressing residual stresses.

Обязательными операциями в традиционных технологиях изготовления прецизионных валов являются шлифовальные, на которых обеспечивают заданную точность размеров и формы, а также шероховатость обработанных поверхностей. В последнее десятилетие появились публикации (см., например, [1, 2]), свидетельствующие о возможности в ряде случаев исключить операции шлифования, заменив их высокоскоростным точением, при обеспечении заданной точности обработки и шероховатости поверхности обработанных деталей. Развитию высокоскоростной обработки во многом способствовало создание новых теплостойких инструментальных материалов, а также технический прогресс в области оборудования, связанный с созданием высокоскоростных шпинделей, быстроходных приводов подачи, вибропоглощающих станин и др.

Однако в обоих случаях (и при шлифовании, и при высокоскоростном точении) поверхностный слой готовых деталей формируется в условиях интенсивного теплового воздействия, которое помимо нежелательных структурно-фазовых изменений приводит к разупрочнению поверхностного слоя и образованию в нем растягивающих остаточных напряжений. При этом силовое (упрочняющее) воздействие инструмента на по-

верхностный слой обрабатываемой заготовки в процессе выполнения этих операций минимально. Указанные особенности формирования поверхностного слоя ухудшают эксплуатационные свойства готовых деталей.

Радикальным средством упрочнения поверхностных слоев, позволяющим скорректировать изменения, внесенные в результате теплового воздействия, является поверхностное пластическое деформирование, в частности выглаживание [3]. К недостаткам методов поверхностного пластического деформирования, ограничивающим их применение при обработке заготовок нежестких и тонкостенных прецизионных деталей, относится значительное силовое воздействие на обрабатываемую поверхность. Поэтому одним из критериев эффективности поверхностного пластического деформирования является минимизация усилия прикладываемого к инструменту для обеспечения заданной степени упрочнения поверхностного слоя заготовки.

В настоящей статье представлены результаты экспериментального исследования возможностей и условий эффективного совмещения обработки точением и алмазным выглаживанием в составе одной комбинированной операции при изготовлении вала.

Для реализации таких операций разработана экспериментальная установка на базе токарного станка УТ-16, оснащенная оригинальным устройством для алмазного выглаживания с наложением ультразвука (рис. 1) и тензометрической аппаратурой для измерения составляющих сил резания и деформирования. Экспериментальная установка обеспечивает возможность реализации комбинирования процессов выглаживания и точения по схемам опережающего выглаживания (рис. 2, а) или опережающего точения (рис. 2, б) [3].

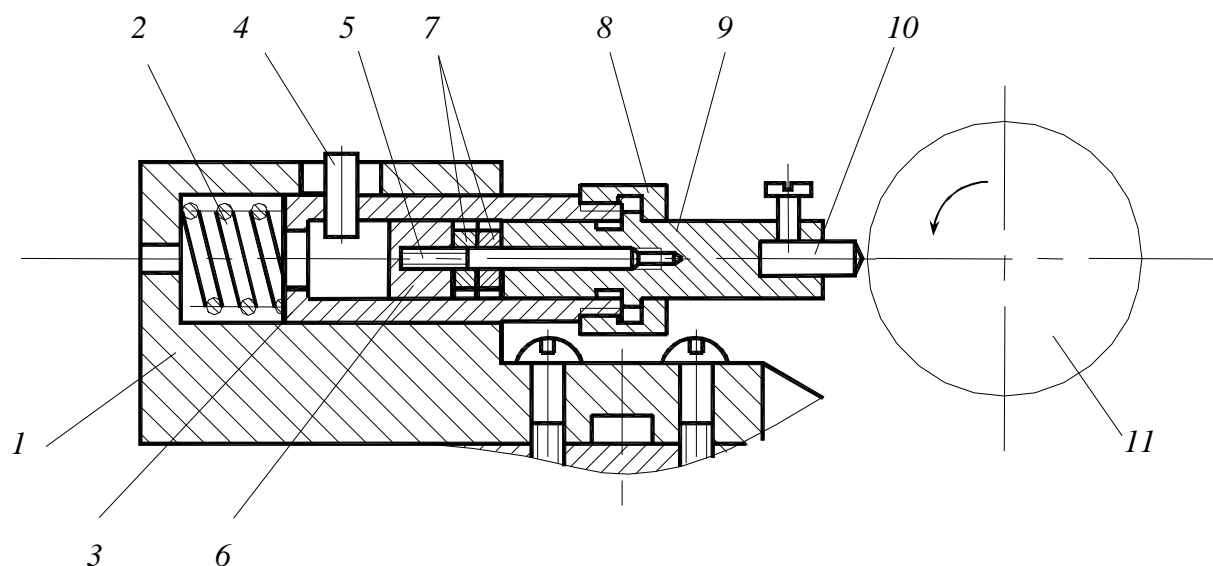


Рис. 1. Устройство для алмазного выглаживания заготовок с наложением ультразвуковых колебаний: 1 – корпус; 2 – пружина; 3 – стакан; 4 – штифт; 5 – шпилька; 6 – гайка; 7 – пьезокерамические кольца; 8 – гайка; 9 – волновод; 10 – алмазный выглаживатель; 11 – заготовка

В первом случае после съема операционного припуска на токарную операцию к обрабатываемой поверхности заготовки 3 подводят выглаживатель 2, настроенный с натягом $z_{н}$ относительно операционного размера d_0 на точение. Выглаживатель пластически деформирует и упрочняет поверхностный слой заготовки с одновременным образованием перед собой «волны» вытесненного материала. Часть этой волны (заштрихо-

вана на рис. 2) вытесняется под резец и удаляется им, уменьшая тем самым силовую напряженность в очаге пластического деформирования и облегчая условия работы выглаживателя и исключая возможность перенаклепа. В результате пластического деформирования и подрезания вытесненного металла выдерживается операционный размер d_1 на комбинированную операцию, уменьшается шероховатость

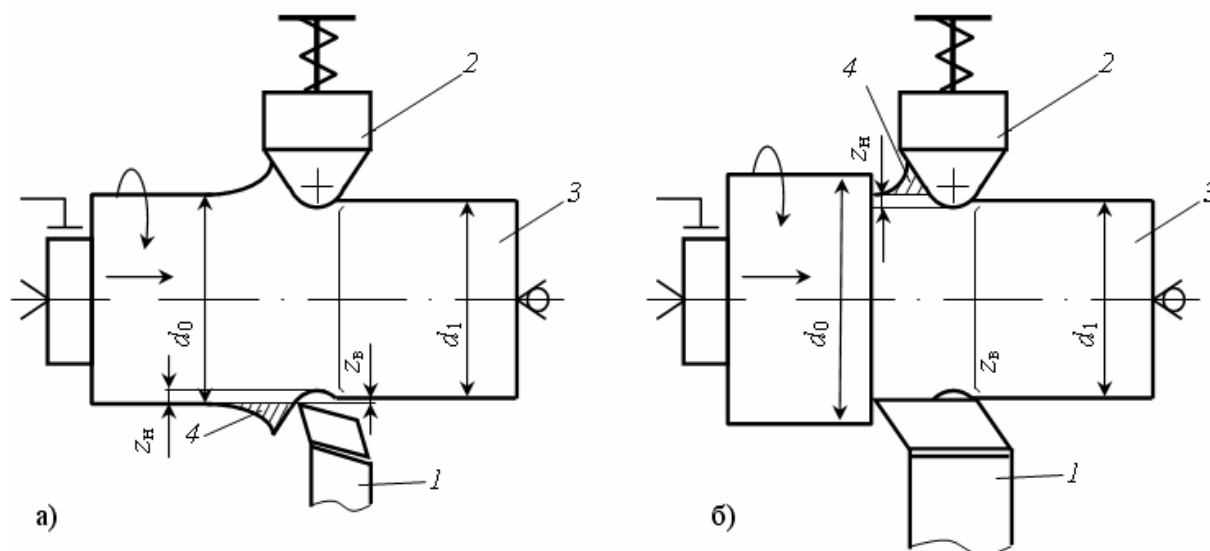


Рис. 2. Схемы комбинированной обработки «точение – выглаживание» с опережающим выглаживанием (а) и опережающим точением (б): 1 – резец; 2 – выглаживатель; 3 – заготовка; 4 – дополнительно подрезаемая резцом часть «волны», вытесняемой выглаживателем

Во втором случае сьем операционного припуска на точение и выглаживание осуществляются за один проход, при этом выглаживатель в инструментальной наладке настроен таким образом, чтобы пластически деформировать уже обработанную резцом поверхность с вытеснением волны в зону точения (см. рис. 2, б). Как и в первой схеме выглаживатель пластически деформирует и упрочняет поверхностный слой заготовки, а гребень образующейся перед выглаживателем волны (заштрихован на рис. 2, б) подрезается резцом, облегчая условия работы выглаживателя.

Ультразвуковые колебания, сообщаемые выглаживателю при выполнении обработки по обеим схемам, способствуют дополнительному снижению силовой напряженности в зоне выглаживания.

Некоторые результаты исследования эффективности комбинированной обработки по схемам рис. 2 в сравнении с раздельной (последовательной) обработкой представлены на рис. 3 – 5.

В качестве образцов для исследований использовали валики с цилиндрической частью длиной 170 мм и диаметром 50 мм из конструкционной стали 45 (HRC 45...47), широко применяемой в автомобилестроении для изготовления валов, валов-шестерен, коленчатых и кулачковых валов, к качеству поверхностных слоев которых предъявляются особые требования в связи с условиями их эксплуатации.

Сравнительную оценку раздельной и комбинированной обработки проводили по критериям силовой напряженности в зоне алмазного выглаживания и параметрам качества обработанных поверхностей (контролировали шероховатость поверхностей по параметру R_a и распределение в поверхностном слое технологических остаточных напряжений). Измерение технологических остаточных напряжений проводили неразрушающим методом на автоматизированном рабочем месте СИТОН-АРМ, обеспечиваю-

щем возможность построения эпюр остаточных напряжений с точностью до 10 МПа по результатам сканирования удельной электропроводности поверхностного слоя детали на 16 глубинах от 5 до 500 мкм [4].

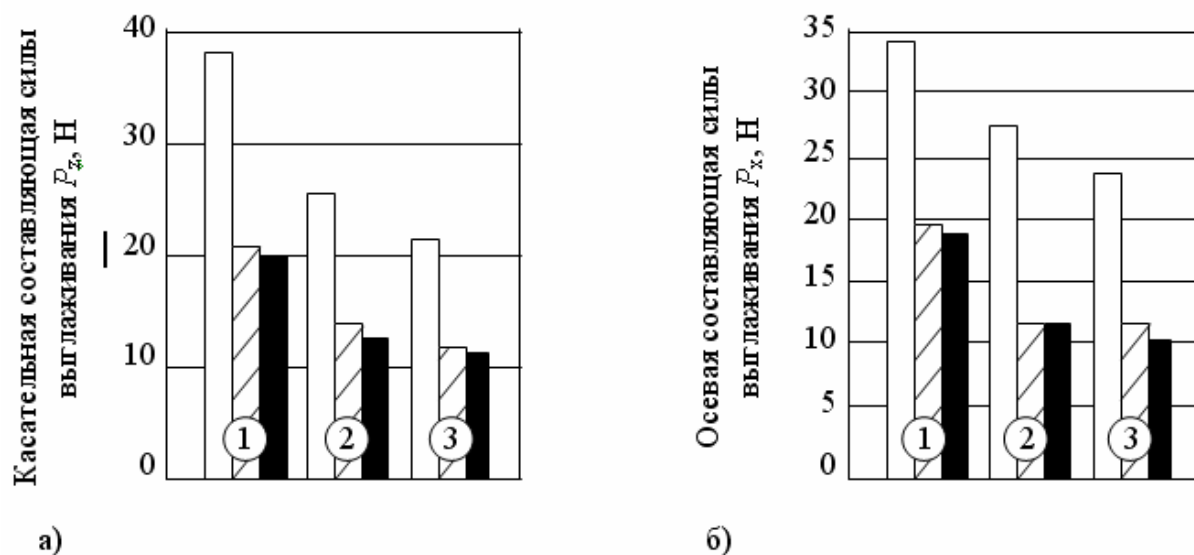


Рис. 3. Влияние ультразвуковой активации технологической системы на касательную (а) и радиальную (б) составляющие силы выглаживания при отдельной и комбинированной обработке заготовок: 1 – без ультразвука; 2, 3 – с наложением на выглаживатель соответственно немодулированных и модулированных ультразвуковых колебаний; белые столбцы – отдельная обработка; затрихованные столбцы – комбинированная обработка по схеме рис. 2, а; черные столбцы – комбинированная обработка по схеме рис. 2, б

Режим комбинированной обработки поддерживали следующим: окружная скорость заготовки – 37 м/мин; скорость продольной подачи суппорта с инструментальной наладкой – 20 мм/мин; припуск на точение 1 мм/Ø; усилие прижима выглаживателя – $P_y = 100$ Н.

Как и следовало ожидать, в результате срезания вытесняемой алмазным выглаживателем волны, силовая напряженность выглаживания при комбинированной обработке (черные и затрихованные столбцы на рис. 3) уменьшилась до 2,3 раза по сравнению с отдельной обработкой (белые столбцы на рис. 3). Применение ультразвука при выглаживании (столбцы 2 и 3 по сравнению со столбцами 1 на рис. 3), способствовало дополнительному уменьшению силовой напряженности в зоне выглаживания.

Характерно, что силы выглаживания при комбинированной обработке по схеме рис. 2, б (черные столбцы на рис. 3) оказались несколько меньше, чем при обработке по схеме рис. 2, а (затрихованные столбцы на рис. 3). По-видимому, это объясняется пластифицированием металла поверхностного слоя в результате нагрева в зоне опережающего точения, о котором косвенно свидетельствует и некоторое уменьшение при этом шероховатости обработанной поверхности (см. рис. 4). Хотя в целом, следует отметить, что шероховатость поверхности обработанной как на комбинированных, так и на отдельных операциях, изменилась незначительно (см. рис. 4).

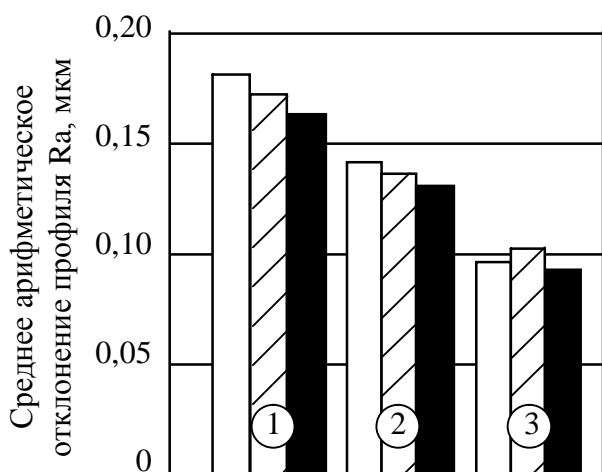


Рис. 4. Влияние ультразвуковой активации технологической системы на шероховатость обработанной поверхности заготовок при раздельной и комбинированной обработке. Расшифровку обозначений см. в подписи к рис. 3

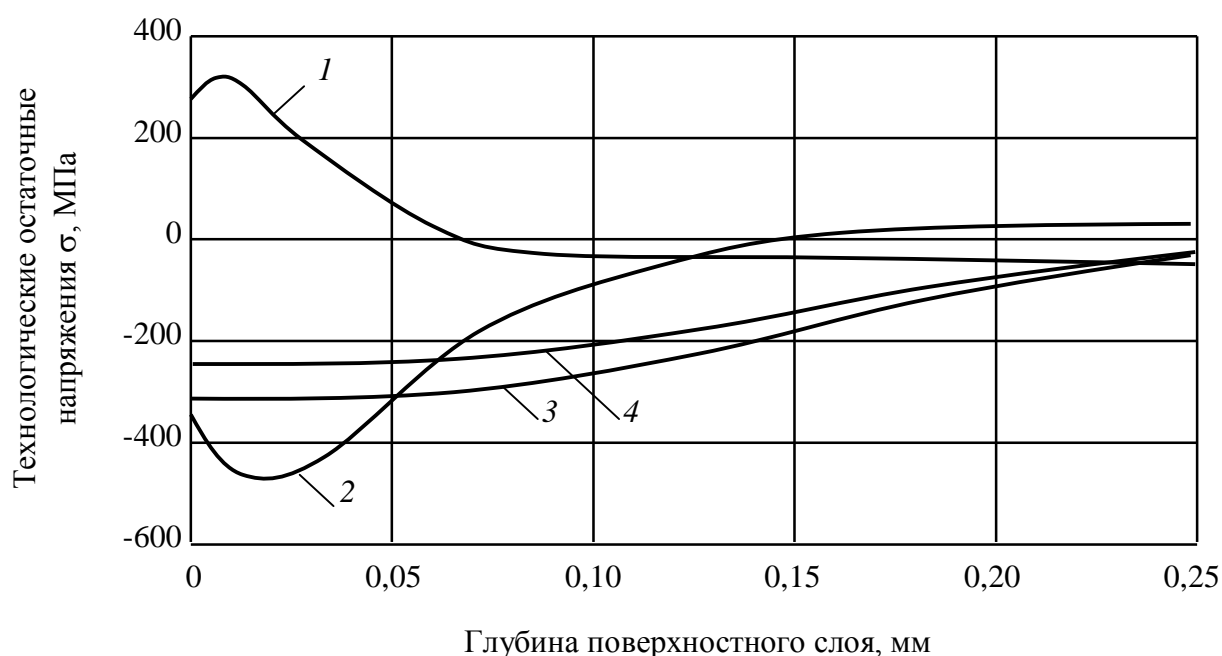


Рис. 5. Распределение технологических остаточных напряжений по глубине поверхностного слоя заготовок при различных технологиях обработки: 1 – точение; 2 – выглаживание с применением немодулированных колебаний после шлифования; 3, 4 – комбинированная обработка по схеме рис. 2, а и рис. 2, б соответственно с применением немодулированных колебаний

Несмотря на уменьшение силового воздействия на обрабатываемую поверхность сжимающие остаточные напряжения в поверхностном слое образцов за счет комбинированной обработки (кривые 3, 4 на рис. 5) удалось распространить на большую глубину – 250 мкм против 140 мкм при раздельной обработке (кривая 2 на рис. 5). При этом наблюдается более равномерное распределение сжимающих остаточных напряжений по глубине поверхностного слоя без приповерхностного уменьшения их абсолютной величины, свидетельствующее о более равномерном деформационном упрочнении поверхностного слоя, что согласуется с гипотезой [3].

Таким образом, комбинирование процессов точения и ультразвукового алмазного выглаживания является существенным резервом совершенствования технологий изготовления валов.

Список литературы: 1. Потапов, В.А. Третья международная конференция по высокоскоростной механической обработке // СТИН, 2002. – № 5. – С. 35 – 39. 2. Потапов, В.А. Четвертая международная конференция по высокоскоростной механической обработке // СТИН, 2004. – № 5. – С. 36 – 40. 3. Смелянский, В.М. Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием. – М.: Машиностроение, 2002. – 300 с. 4. Иванов, С.Ю. Измерительно-вычислительный комплекс скан-идентификации технологических остаточных напряжений / С.Ю. Иванов, В.И. Прима // Тяжелое машиностроение, 1995. – № 12. – С. 14 – 17.

Сдано в редакцию 25.05.07

ОПТИМИЗАЦИЯ КОМПОНОВКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ

Лаздынь С.В., Секирин А.И., Коробкова Т.А. (ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

For optimization of equipment arrangement in the flexible manufacturing systems (FMS) it is suggested to use genetic algorithms. The structure of chromosome, the genetic operators of selection, crossing, mutation and renewal are developed. The program for optimization of equipment arrangement is developed by Microsoft Visual C# 8.0. The conducted experiments were shown, that the use of genetic algorithms for optimization of equipment arrangement in the FMS allowed to get the decisions near to optimum for short time.

Введение. Актуальность задачи оптимизации размещения оборудования, обусловлена тем, что именно на этом этапе гибкая производственная система (ГПС), которая представляет собой совокупность технических средств, обладающих способностью быстрой переналадки с производства одного вида продукции на другой, формируется как интегрированная система станков, автоматизированного транспорта и склада. Рациональность заложенных здесь решений позволяет уменьшить капитальные затраты на вспомогательное оборудование, улучшить организационные показатели работы ГПС (повысить загрузку технологического оборудования, уменьшить время нахождения детали в системе, повысить надежность функционирования и др.), улучшить использование производственных площадей [1].

Существуют различные методы и подходы к построению оптимальных структурно-компоновочных решений [2, 3]. Компоновочные решения, полученные вручную или эвристическими методами, не являются оптимальными и имеют невысокую эффективность. Использование метода полного перебора вариантов компоновки обеспечивает получение оптимального решения, однако его применение связано со значительным объемом вычислений и ограничивается задачами небольшой размерности. Из математических методов используются следующие: комбинаторика, квадратичная задача о назначениях, метод ветвей и границ. Основной недостаток указанных методов - невысокая точность и большие затраты времени на поиск оптимального решения.

Для устранения указанных недостатков предложено использование эволюционных методов – генетических алгоритмов (ГА), которые позволяют находить решения, близкие к оптимальным в допустимое время.