

**Повышение качества обработанной поверхности заготовки на финишных операциях**

**Кочанов Юрий Сергеевич**

*Аспирант*

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, Санкт-Петербург,  
Россия

*E-mail: gkochanov@gmail.com*

**Актуальность.** Современное машиностроение всё больше нуждается в повышении точности механической обработки заготовок при сокращении Тшт. Повышение производительности при сохранении технических требований к готовому изделию имеет большое экономическое и техническое значение для производства и решающим образом влияют на качество и надёжность производимых механизмов и машин, а также на их общий срок эксплуатации. В этом плане весьма актуальна задача повышения эффективности тонкого растачивания при обработке точных отверстий, особенно больших диаметров ( $D \geq 150$  мм). Режимы резания, обеспечивающие снятие наибольших стружек в единицу времени, при сохранении высокой стойкости инструмента не всегда являются определяющими, при тонком растачивании. Необходимо назначать режимы резания, обеспечивающие заданную точность, требуемое качество поверхности, а также достаточно высокую производительность обработки.

**Цель работы.** Цель проекта состоит в снижении себестоимости, сокращении Тшт и уменьшении сопротивления контактирующих поверхностей узлов гидроцилиндров подъёмных и подъёмно-транспортных машин.

**Задачи работы:**

- 1) Повышение точности обработанной поверхности на операциях, предшествующих финишной. Улучшение технологической наследственности изготавливаемой детали посредством повышения точности обработки на расточных операциях.
- 2) Экспериментальная апробация новых методов повышения качества обрабатываемой поверхности на финишных операциях.
- 3) Разработка новой технологии обработки крупногабаритных отверстий из специальных сталей и сплавов.
- 4) Снижение дополнительных материальных и технических затрат для производства деталей типа «корпус гидроцилиндра подъёмно-транспортного механизма».

**Описание проекта**

Основными аспектами проблемы качества поверхности являются: технически обоснованное повышение стандартов на параметры и характеристики качества поверхности, повышение конструкторских требований к точности и качеству обработанных поверхностей узлов и агрегатов машин.

Одной из основных проблем, затрудняющих решение перечисленных выше проблем, является хаотичный характер образования микрорельефа поверхностей, образующихся при использовании технологических процессов финишной обработки.

Основной причиной образования хаотичного микрорельефа является неоднородная пластическая деформация — органический недостаток этого вида обработки. Это относится как к резцовой, так и к абразивной обработке. Таким образом, одним из основных направлений совершенствования чистовой стадии обработки является переход от резания

к обработке давлением. Данный метод основан на пластическом деформировании обрабатываемой поверхности в холодном состоянии. Это позволяет оставить неизменным объём обрабатываемого металла, и, в то же время, происходит интенсивное выглаживание поверхности, сопровождающееся значительным упрочнением поверхностных слоёв. Благодаря этому методу обработки становится возможным образование частично или полностью регулярных микрорельефов, что, в свою очередь, снижает уровень шероховатости.

Обработка металлов давлением в холодном состоянии основана на использовании их пластических свойств. Обрабатываемой заготовки при формообразовании придаётся требуемая форма и размеры, а при чистовой обработке — требуемое качество поверхностного слоя: микрогеометрия и физико-механические свойства. При этом исходный объём заготовки остаётся постоянным. Управление процессом чистовой обработки осложняется тем, что приповерхностный слой материала заготовки неоднократно деформирован в результате предшествующей обработки резанием или давлением. Деформация неоднородна по глубине слоя и имеет хаотичную микрогеометрию.

Поскольку все без исключения технические металлы являются сплавами, содержащими в тех или иных количествах растворимые и нерастворимые примеси и характеризующиеся неоднородностью структуры, некоторые исследователи отрицают возможность установления количественных закономерностей между напряжениями и деформациями в реальном неоднородном металле. В связи с этим в математической и прикладной теории пластичности отвлекаются от реального строения физически и химически неоднородного металла с изменяющимися в процессе деформирования свойствами, и, идеализируя металл, рассматривают его как однородное в пространстве и времени тело. В результате ограничиваются лишь качественным изучением процессов обработки давлением, а в прикладной теории пластичности получают численные зависимости, которые недостаточно точны для практического использования. Это положение усугубляется особенно большой исходной неоднородностью поверхностных слоёв металла, деформируемого при чистовой отделочно-упрочняющей обработке. Необходимо признать, что необходимые случаи обработки давлением экспериментальные исследования и отладка процессов финишной обработки, в сравнении с формообразующей обработкой резанием (или абразивной обработкой) требуют меньших затрат во времени и средствах. [1, 2]

Поверхностное пластическое деформирование (ППД) — обработка давлением, при которой деформируется только поверхностный слой металла (ГОСТ 18296-72). При ППД происходит поверхностное упрочнение — повышение сопротивляемости материала или заготовки разрушению или остаточной деформации путём изменения свойств поверхностного слоя (ГОСТ 18295-72). По ГОСТу 18296-72 различают статическое и ударное ППД.

Статическое ППД осуществляется при статическом взаимодействии деформируемого материала с инструментом. При этом инструмент воздействует на обрабатываемую поверхность с определённой постоянной силой  $P$ , происходит плавное смещение зон контакта инструмента с заготовкой. Эти зоны последовательно проходят всю поверхность, подлежащую обработке. При этом инерционные силы малы и не оказывают заметного влияния на ППД.

Ударное ППД осуществляется при ударном взаимодействии заготовки с инструментом. При этом инструмент, рабочие тела или среда многократно воздействуют на всю обрабатываемую поверхность или на её часть, а сила воздействия  $P$  в каждом цикле изменяется от минимума до максимума.

Обработка ППД имеет ряд преимуществ по сравнению с обработкой со снятием струж-

ки (растачивание, шлифование и др.):

- Сохраняется целостность волокон металла и образуется мелкозернистая структура и текстура в поверхностном слое;
- Отсутствует искажение обрабатываемой поверхности;
- Возможна обработка как пластических металлов, так и закалённых сталей;
- Высота микронеровностей уменьшается за один рабочий ход в несколько раз;
- В поверхностном слое создаются благоприятные остаточные напряжения сжатия и т.д.

Чистовая обработка давлением основана на свойстве металлов и других материалов пластически деформироваться в холодном состоянии. Сущность её состоит в том, что под давлением твёрдого металлического, твердосплавного и алмазного инструмента (ролик, шарик, сферический наконечник, выглаживающая прошивка или протяжка) выступы исходного микрорельефа обрабатываемой поверхности пластически деформируются, т.е. сжимаются, образуя новый микрорельеф с более однородными по форме, взаиморасположению и высоте упрочнёнными неровностями значительно меньшей высоты, чем исходные данные. Металл выступов исходной поверхности перемещается в обе стороны от места контакта с деформирующим элементом, образуя новый микрорельеф с заданной по программе высотой микронеровностей. Микрорельеф, также как и его шаг обусловлен режимом обработки. При этом металл из впадины одновременно выдавливается вверх, тем самым увеличивается суммарная опорная поверхность контакта.

Испытания и исследования данного способа обработки свидетельствуют о том, что повышение однородности микрорельефа поверхностей деталей машин и приборов и управление микрорельефом (регулирование размеров, формы и взаиморасположения микронеровностей) является существенным резервом улучшения таких важных эксплуатационных свойств деталей и машин, как износостойкость, сопротивление схватыванию, гидроплотность, сопротивление коррозии, ползучести и др.

Эффективность виброобкатывания подтверждается рядом опытов практически во всех областях металлообрабатывающей промышленности.

Также стоит отметить особый вид ППД — безабразивную ультразвуковую финишную обработку (БУФО). Разработанные в настоящее время оборудование и технологии БУФО, основанные на применении энергии мощного ультразвука в сочетании с минералами природного происхождения (ГЕО), обеспечивают резкое увеличение износоустойчивости пар трения и производительности труда.

Преимущества технологии и оборудования БУФО:

- 1) При воздействии ультразвука происходит пластическая деформация микронеровностей поверхности в пределах изменения Ra от 6,3 до 0,025 мкм.
- 2) Возрастает твёрдость поверхностного слоя в зависимости от исходной на 5...10...50...150%.
- 3) Повышается усталостная прочность на 10...20...50...200%.
- 4) Структура металла изменяется на глубине 15...20 мкм от поверхности обработки металла возникают слои наноструктур с размером зерна 5...10 нм.
- 5) Увеличивается опорная поверхность. По некоторым данным до 80...90%.
- 6) Технология БУФО исключает в принципе необходимость использования абразива в любых его комбинациях — кругов, лент, паст, и т.п. средств, таким образом исключается в принципе шаржирование поверхности металла абразивом.

- 7) Остаточные напряжения трансформируются в сжимающие.
  - 8) Исходная энергетика процесса незначительная и находится на уровне 0,63кВт.
  - 9) Практическая реализация оборудования и технологии БУФО, например на универсальных токарных, фрезерных, строгальных, шлифовальных и др. переводит их в режим многооперационных.
  - 10) БУФО производится не снимая с центров за одну установку; одновременно чистовое точение детали на заданный размер и финишную обработку поверхности с использованием БУФО.
  - 11) Использование БУФО позволяет обрабатывать конструкционные, инструментальные и нержавеющей стали, чугуны, цветные металлы, титановые сплавы и т.д.
  - 12) Заготовки, обработанные точением или шлифованием на 8 класс, при БУФО шероховатость поверхности достигнет 11...12 класс поверхности с шероховатостью  $Ra \sim 0.025-0.05 \mu\text{m}$  с одновременным упрочнением поверхностной структуры.
- В результате использования ППД резко повышаются такие показатели качества, как сопротивление усталости, износостойкость, контактная выносливость и др. При этом, как правило, заметно повышается производительность труда финишных операций и достигается значительный экономический эффект.

Упрочнение металла при ППД сопровождается повышением твёрдости поверхностного слоя, которое принято характеризовать степенью и глубиной наклёпа. Степень наклёпа — степень увеличения твёрдости поверхности после ППД, рассчитываемая по формуле:

$$CH = ((HV2 - HV1) / HV1) * 100\%$$

где HV2 — твёрдость поверхности после обработки ППД; HV1 — исходная твёрдость обрабатываемого материала.

В зависимости от режимов ППД и обрабатываемого материала степень наклёпа колеблется от 10...15% до 100...120%.

Глубина наклёпа — глубина слоя с повышенной твёрдостью. В зависимости от способа ППД и его режимов, глубина наклёпа колеблется от нескольких сотых — десятых долей миллиметра до нескольких миллиметров — десятков миллиметров.

Таким образом, можно сделать вывод, что ППД пластических материалов вызывает следующие благоприятные изменения в поверхностном слое металла:

- 1) Резко уменьшается исходная шероховатость поверхности;
- 2) Формируется новый микрорельеф поверхности с несравнимо большими значениями  $r$ ,  $r/Rz_{\text{max}}$ ;
- 3) Повышается твёрдость поверхностного слоя;
- 4) В поверхностных слоях создаются остаточные напряжения сжатия.

**Основные планируемые результаты.** В ходе исследования планируется значительно снизить шероховатость поверхности, повысить износостойкость, сопротивление усталости и коррозионной стойкости деталей гидроцилиндров подъёмно-транспортных механизмов. Результатом данного исследования должна стать технология обработки отверстий диаметром  $D \geq 150 \text{ мм}$  и длиной  $L \geq 500 \text{ мм}$  из специальных сталей и сплавов.

Результаты проекта могут быть внедрены на предприятиях, занимающихся производством гидроцилиндров подъёмно-транспортных механизмов для гражданского и военного применения.

### Источники и литература

- 1) Вейц В.Л., Васильков Д.В., Зубарев Ю.М. Динамика технологических систем: Учебное пособие – В 2-х частях. –Ч.2. – Колебания в металлорежущих станках. СПб: Изд-во Института машиностроения, 2002. – 256с.
- 2) Вейц В.Л., Васильков Д.В., Зубарев Ю.М. Динамика технологических систем: Учебное пособие – В 2-х частях. –Ч.2. – Колебания в металлорежущих станках. СПб: Изд-во Института машиностроения, 2002. – 256с.
- 3) Эльясберг М.Е. Автоколебания металлорежущих станков. Теория и практика. –СПб.: ОКБС, 1993. –182с.