УДК 621.923.4

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ФИНИШНОЙ ОБРАБОТКИ ВНУТРЕННИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ СТАЛЬНЫХ ЗАГОТОВОК

Е. В. ИЛЬЮШИНА, Н. М. ЮШКЕВИЧ, Д. Л. ГРИГОРЬЕВ, А. В. МУХА
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Анализ качества финишной обработки внутренних цилиндрических поверхностей диаметром от 50 до 150 мм ответственных деталей машин из стали показал, что имеется ряд проблем, связанных с нежесткостью деталей и риском деформации тонкостенных заготовок, ограничением доступа инструмента в зону обработки, трудностями одновременного обеспечения упрочнения поверхности и снижения шероховатости, а также сложностью обеспечения равномерного наклепа по длине и окружности заготовок.

Требования к качеству обработки отверстий гильз гидроцилиндров (сталь 45, 40Х) связаны с обеспечением высокой износостойкости внутренней поверхности и герметичности. Необходимо получить квалитет точности 8–9, отклонение от круглости и цилиндричности не более 0,01 мм, отклонение от прямолинейности на длине 500 мм не более 0,03 мм, шероховатость поверхности *Ra* от 0,32 до 0,16 мкм. Применение роликовой обкатки для упрочнения отверстий ограничено длиной гильзы гидроцилиндров и жёсткостью оправки: на глубине более 200 мм возникают вибрации, вызывающие волнистость, а при обработке тонкостенных гильз появляются поверхностные деформации, приводящие к потере цилиндричности и круглости. Использование хонингования для обработки рабочей поверхности гильзы позволяет снизить шероховатость и получить стабильную геометрию поверхности, но дает малую глубину упрочненного слоя (0,01...0,03 мм).

В ряде корпусных деталей (сталь 20Х, 18ХГТ) имеются посадочные отверстия под наружные кольца подшипников и стаканы, к которым предъявляются требования, зависящие от класса точности подшипников. Для посадочных отверстий отклонения от круглости и цилиндричности не должны превышать половины поля допуска на диаметр для подшипников класса точности 0 и 6 и трети допуска – для классов 5 и 4. Необходимо упрочнение поверхности отверстия для предотвращения износа и шероховатость поверхности *Ra* 0,8…0,16 мкм. Раскатывание роликами отверстий в тонкостенных корпусных деталях ограничено их нежёсткостью, что приводит к формированию погрешностей формы в виде овальности, конусообразности и изогнутости оси. Использование хонингования отверстий позволяет получить высокую точность геометрии (отклонение от круглости и цилиндричности не более 0,003…0,004 мм) и уменьшить шероховатость до *Ra* 0,16…0,04 мкм, однако не исправляет положения оси отверстия относительно базы, а глубина формируемого упрочнённого слоя незначительна (0,015...0,02 мм).

Направляющие втулки пресс-форм (сталь 4Х5МФС, Х12МФ) имеют высокие требования к качеству обработки отверстий, т. к. необходимо обеспечить

точное направление движения пуансона и высокую износостойкость рабочей поверхности. Отверстия должны иметь шероховатость *Ra* 0,4…0,2 мкм и глубину упрочненного слоя 0,05...0,15 мм для повышения усталостной прочности, т. к. втулка работает в условиях циклического нагружения при перемещении пуансона. Рабочая поверхность втулки предварительно проходит термообработку (закалка до *HRC* 50...55). При такой твердости традиционные методы поверхностного пластического деформирования неэффективны, при обкатке ролики скользят по поверхности, не упрочняя ее. Алмазное хонингование хотя и обеспечивает необходимую шероховатость и высокую геометрическую точность, но дает малую глубину упрочненного слоя до 0,005...0,01 мм. Возможно применение виброгалтовки и обработки щетками в отверстиях диаметром до 100 мм, но эти методы неравномерно деформируют заготовку по длине, что вызывает появление локальных зон наклепа и неоднородность глубины упрочненного слоя.

Таким образом, анализ способов финишной обработки внутренних цилиндрических поверхностей для всех трёх рассмотренных групп деталей показал наличие общей проблемы: невозможность одновременного обеспечения требуемой геометрической точности, низкой шероховатости и достаточной глубины упрочнённого слоя. В связи с этим целесообразно использовать технологию упрочняющей обработки пневмоударом [1], которая благодаря малым усилиям позволяет получить тонкодеформированный поверхностный слой с низкой шероховатостью и обрабатывать нежёсткие детали без риска деформации.

Возможна обработка пневмоударом нежестких и тонкостенных гильз гидроцилиндров без деформаций заготовки на универсальном оборудовании с высокой производительностью, обеспечивая шероховатость *Ra* 0,32…0,08 мкм, что делает метод эффективной альтернативой роликовой обкатке и хонингованию. Для посадочных отверстий под подшипники в корпусных деталях пневмоударная обработка повышает износостойкость сопряжения в 1,2 раза и формирует маслоудерживающий микрорельеф с увеличенной в 2 раза маслоемкостью, а также позволяет обрабатывать нежесткие корпусные детали и прерывистые поверхности без деформаций. Благодаря импульсно-ударному характеру воздействия шаров на обрабатываемую поверхность метод позволяет обрабатывать стали твёрдостью до *HRC* 64 с получением упрочнённого слоя глубиной до 0,2 мм, что напрямую повышает усталостную прочность. При обработке отверстий направляющих втулок пресс-форм из закалённых инструментальных сталей это обеспечит повышение износостойкости предположительно в 1,5–2 раза и снижение коэффициента трения на 20 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технология финишной упрочняющей пневмовибродинамической обработки нежестких деталей / А. П. Минаков, И. Д. Камчицкая, Е. В. Ильюшина [и др.]. – Могилев : Бел.-Рос. ун-т, 2016. – 294 с.