

И. В. Багинов, кандидат технических наук, доцент, докторант
Ижевский государственный технический университет

ПРОГРЕССИВНЫЙ МЕТОД ФИНИШНОЙ ОБРАБОТКИ ГЛУБОКИХ ОТВЕРСТИЙ В ОСЕСИММЕТРИЧНЫХ ТРУБЧАТЫХ ДЕТАЛЯХ

При обработке глухих отверстий в осесимметричных трубчатых деталях целесообразно в качестве финишной обработки использовать гидроэктрузию.

Состояние вопроса. Изготовление глубоких отверстий малого диаметра в толстостенных деталях типа «труба», при высоких требованиях к качеству и с последующим формообразованием фасонного профиля, является одной из наиболее сложных в технологии современного машиностроения. Качественное изготовление отверстия гарантирует не только надежное качество получения внутреннего профиля изделия, но и эксплуатационное качество поверхности и изделия в целом. Существующая технология финишной обработки глубоких отверстий диаметров от 6 до 25 мм включает применение таких традиционных методов, как глубокое сверление, развертывание, электрохимическая размерная обработка (ЭХРО), доводочная притирка (свинцевание). Финишные методы обработки должны обеспечить заданную точность диаметральных размеров и геометрической формы отверстий в продольном и поперечном сечениях, необходимую шероховатость поверхности и определенное состояние поверхности и поверхностного слоя. Дальнейшая обработка основана на применении радиальнойковки, прессования на оправке или методом фасонного дорнования (для некоторых изделий), затем проводится гальваническое хромирование внутренней поверхности изделия.

Таблица 1. Маршрутные технологии изготовления отверстий по базовым технологиям

Операции технологического процесса	Маршрутный технологический процесс изготовления		
	Деталь М1	Деталь М8	Деталь 1-2
1. Глубокое сверление	Ø 7,8 + 0,1 мм	Ø 9,8 + 0,15 мм	Ø 5,6 + 0,15 мм
2. Термообработка (закалка)	НВ 264–301	НВ 241–302	НВ 241–302
3. Развертывание	Первый проход: Ø 8,0 + 0,07 мм Второй проход: Ø 8,17 + 0,05 мм Ra = 2,5 мкм	Первый проход: Ø 9,73 + 0,07 мм Второй проход: Ø 9,9 + 0,05 мм Третий проход: Ø 10,15 + 0,05 мм Ra = 1,25 мкм	Один проход: Ø 5,9 + 0,05 мм Ra = 5,0 мкм
4. ЭХРО	Ø 8,73 + 0,1 мм Ra = 0,63 мкм	Не выполняется	Не выполняется
5. Притирка (свинцевание)	По готовому профилю	Ø 10,15 + 0,1 мм Ra = 0,63 мкм	Ø 6,0 + 0,1 мм Ra = 0,63 мкм
6. Метод формообразования профиля в отверстиях	Фасонное дорнование	Гидроэктрузия	Радиальнаяковка

Анализ технологических возможностей операций обработки глубоких отверстий с малым диаметром показывает, что оптимизировать качество внутренней поверхности традиционными методами весьма затруднительно.

Этим методам также присущи производственные недостатки:

- низкая производительность и высокая трудоемкость обработки;
- значительная энергоемкость (операция ЭХРО);
- невозможность автоматизации обработки.

Перспективные технологии. Проведенные экспериментальные и опытно-промышленные работы показывают перспективность применения методов поверхностно-пластического деформирования и, в частности, процесса дорнования отверстий. Опробованы следующие технологические процессы изготовления отверстий осесимметричных деталей с применением дорнования (табл. 2).

Таблица 2. Технологические процессы изготовления отверстий осесимметричных деталей с применением дорнования

Операции технологического процесса	Маршрутный технологический процесс изготовления		
	Деталь М1	Деталь М8	Деталь 1–2
1. Глубокое сверление	Ø 8,3 + 0,1 мм	Ø 9,8 + 0,15 мм	Ø 5,6 + 0,15 мм
2. Термообработка (закалка)	НВ 264–301	НВ 241–302	НВ 241–302
3. Развертывание	Ø 8,55 + 0,05 мм <i>Ra</i> = 1,25 мкм	Ø 10,05 + 0,05 мм <i>Ra</i> = 1,25 мкм	Ø 5,9 + 0,05 мм <i>Ra</i> = 2,5 мкм
4. Дорнование	Ø 8,6 + 0,05 мм <i>Ra</i> = 0,63 мкм	Ø 10,15 + 0,05 мм <i>Ra</i> = 0,63 мкм	Ø 6,0 + 0,05 мм <i>Ra</i> = 0,63 мкм
5. Метод формообразования профиля в отверстии	Фасонное дорнование	Гидроэкструзия	Радиальная ковка

Обработка дорнованием проводилась на протяжных станках. Были спроектированы инструменты и устройства для дорнования по различным схемам, которые прошли опробование в лабораторных и производственных условиях.

Инструмент для дорнования осуществляет упруго-пластическое деформирование металла в отверстии обрабатываемой заготовки, поэтому его конструкция в значительной степени влияет на точность и качество обработанной поверхности. Кроме того, в большинстве случаев надежность работы инструмента определяет стабильность технологии. Особенно это важно при обработке нетехнологичных глубоких отверстий малого диаметра. Выбор конструкции дорна зависит от вида обрабатываемой заготовки, применяемого оборудования, схемы дорнования, необходимости создания улучшенных условий смазывания в зоне деформационного контакта. При обработке дорнованием использовались деформирующие протяжки и прошивки (пуансоны). Протяжка с цельными или кольцевыми деформирующими элементами наиболее рациональный инструмент для дорнования на протяжных станках, а деформирующие прошивки – на специальных протяжных станках и прошивочных станках. Применяемые конструкции деформирующих протяжек включали один или два рабочих кольца. Для такой деформирующей протяжки необходимо правильно выполнить распределение натяга дорнования. С практической точки зрения при дорновании глубоких отверстий малого диаметра деформирующие протяжки, включающие более 2–3 рабочих кольца, работают менее эффективно вследствие возрастания энергосиловых характеристик процесса, усложнения конструкции инструмента и снижения его прочности в работе.

Точность и качество обработанной дорнованием поверхности отверстий, износостойкость и долговечность дорна во многом зависят от конструкции применяемого приспособления. Конструкция устройства для дорнования зависит от применяемого типа оборудования, схемы дорнования, требований, предъявляемых к процессу, конструкции дорна. Разработано и опробовано в промышленных условиях устройство для дорнования на вертикальных и горизонтальных протяжных станках, обеспечивающее принудительную подачу смазывающе-охлаждающей среды в зону обработки.

Приспособление устанавливается на планшайбе протяжного станка и подключается к гидростанции подачи смазки. Тяга дорна пропускается через отверстие заготовки, сферическую переднюю опору, у заднего торца которой размещен саморегулируемый герметизирующий механизм. Уплотняющие элементы этого механизма обжимают тело тяги дорна и не дают смазке, подаваемой через опору, вытекать из зоны обработки. Настройкой уплотняющего механизма и обратного клапана входного отверстия опоры обеспечивается постоянный подпор смазки в область деформации. При избыточном давлении смазки либо закрывается обратный клапан и прекращается подача смазки, либо открывается герметизирующий механизм опоры и происходит разгрузка внутренней полости и выброс лишней смазки. Особенностью разработанного приспособления является жесткая связь передней и задней опор, что повышает надежность центрирования и снижает трудоемкость установки заготовки в приспособлении перед обработкой. Приспособление внедрено в промышленную технологию изготовления труб плунжеров гидроподъемников.

Преимуществами технологии являются:

- дорнование – это высокопроизводительный метод поверхностного пластического деформирования отверстий. Внедрение финишной обработки дорнованием вместо ЭХРО в несколько раз снижает трудоемкость изготовления отверстий. Однако внедрение процесса дорнования при обработке глубоких отверстий малого диаметра в конкретном объекте требует выполнения конструкторско-технологических и опытно-исследовательских работ с учетом специфики изделия и производственных условий;

- выполненные статистические исследования точности обработки отверстий показали, что применение дорнования при финишной обработке отверстий в приведенных объектах повышает точность диаметральных размеров и геометрической формы поверхности в $1,5 \div 5,0$ раз;

- дорнование положительно отражается на физико-механических свойствах поверхностного слоя обработанных отверстий. Как показали проведенные исследования, по сравнению с ЭХРО применение дорнования при финишной обработке увеличивает микротвердость поверхностного слоя более чем на 100 единиц по Но. Одновременно создается более упрочненная структура зерен металла.