

Е. А. Федянов¹, В. А. Санинский, Н. А. Ушаков²

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ДРОССЕЛИРОВАНИЯ В ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ КАНАЛАХ ДОРНУЮЩИХ ПРОШИВОК ДЛЯ ГЛУБОКИХ ОТВЕРСТИЙ

¹ **Волгоградский государственный технический университет**

² **Волжский политехнический институт (филиал) ФГБОУ ВО**

Волгоградский государственный технический университет

E-mail: saninv@rambler.ru

В статье представлена методика расчета характеристик дросселирующих элементов смазывающе-охлаждающей технической среды (СОТС), используемых в деформирующей прошивке. Особенностью предлагаемой методики является способ подачи СОТС под давлением через канавки, выполненные на наружной поверхности дорнующих зубьев, когда давление рабочей среды и ее расход разделяют на параллельные потоки, один из которых обеспечивает давление на прошивку при дорновании отверстия с нормируемой скоростью в ее осевом перемещении, а второй обеспечивает расчетные параметры дросселирования между поверхностью канавок на дорнующих зубьях и обрабатываемой поверхностью, где они создают «демпфирующие подушки», улучшая процесс дорнования и снижая износ прошивок [3]

Представленный расчет характеристик (давления СОЖ, расхода и т. д.) при расположении условных камер, образованных канавками дорнующих зубьев и обрабатываемой поверхностью, подтверждает возможность реализации с помощью дросселей условий применения элементов дросселирования при режуще-деформирующем прошивании глубоких отверстий в длинномерных трубных заготовках и повышения на этой основе его эффективности.

Ключевые слова: методика, расчет, характеристики, дросселирующие элементы, смазывающе-охлаждающей технической среда, деформирующая прошивку, пластическая деформации, снижение износа, обработка, глубокие отверстия.

Е. А. Fedyanov¹, V. A. Saninsky, N. A. Ushakov²

CALCULATION OF THROTTLEMENT PARAMETERS IN PARALLEL CHANNELS OF DRILLING PIPERS FOR DEEP HOLE

¹ **Volgograd State Technical University,**

² **Volzhsky Polytechnic Institute (branch)**

Volgograd State Technical University

The article presents a method for calculating the characteristics of the throttling elements of the lubricating-cooling technical medium (COTS) Yu used in deforming piercing. A feature of the proposed technique is the method of supplying cutting fluids under pressure through the grooves made on the outer surface of the mandrel teeth, when the pressure of the working medium and its flow rate are divided into parallel flows, one of which provides pressure on the piercing when the hole is mandrelled with a normalized speed in its axial movement the second provides the calculated parameters of throttling between the surface of the grooves on the mandrel teeth and the machined surface, where they create "damping cushions", improving the mandrel process and reducing wear of the piercing [3].

The presented calculation of the characteristics (coolant pressure, flow rate, etc.) with the location of the conditional chambers formed by the grooves of the punching teeth and the processed surface confirms the possibility of using throttles to implement the conditions for using throttling elements during cutting-deforming piercing of deep holes in long tube blanks and increasing by this basis of its effectiveness.

Keywords: methods, calculation, characteristics, throttling elements, lubricating-cooling technical environment, deforming firmware, plastic deformation, wear reduction, machining, deep holes.

При осуществлении обработки глубоких отверстий (ГО) методом деформирующего прошивания [1] на параметры отверстий точности и шероховатости значительное влияние оказывают взаимосвязь между геометрическими параметрами дорнующих элементов прошивки, их количеством, числом ее рабочих ходов N [3], натягом id , назначаемый при проектировании прошивки на каждый ее дорнующий зуб [1]. При пришивании возможны два способа осуществления силы дорнования: первый способ осуществим через механический через шток винтового пресса (рис. 1) [1] и второй – гидравлический через усилие рабочей среды, например машинного масла (рис. 2) [2]. Второй способ может иметь разновидности разделения гидравлических потоков – на два потока, когда один обеспечивает давление на прошивку для создания нормируемой скорости в ее осевом перемещении и второй поток, обеспечивающий расчетные параметры дросселирования между поверхностью канавок на дорнующих, улучшающий процесс дорнования и снижая износ прошивок (рис. 2) [3]

При втором способе возможно разделение исходного потока на три параллельных, один из которых также обеспечивающий расчетные параметры дросселирования между поверхностью канавок на дорнующих, улучшающий процесс дорнования и снижая износ прошивок, а два параллельных направлены на обеспечение ра-

боты турбин [3].

Примера конкретного применения способа.

Обработка трубной заготовки с толщиной стенки 4,5 мм с достижением диаметра 60H7 и параметра шероховатости $Ra\ 0,4$ ГО в условиях применения процесса совмещения вихрефрезерования с дорнованием многозубым дорном при соотношении диаметра D и толщины S стенки трубы $D/S > 0,05$.

1. Пример расчета осевой силы при прошивании отверстия 60H7(+0,03) $Ra\ 0,63$ с наружным диаметром втулки $D=90$ мм, $l=100$ мм, выполненной из стали 45 [2]. Прошивание осуществляется 4-х зубом дорном $zв=4$, позволяющим получать $Ra\ 2,5$ мкм. Такие геометрические параметры идентичны заложенным в конструкции протяжки, представленной в источнике [3].

Материал дорнующего блока ВК8, скорость выглаживания не более 9 м/мин, охлаждение – сульфазрезол. Размеры в обрабатываемой заготовке пустотелого дорнующего блока: наружный диаметр 60,8+1.5, с посадочным отверстием 30,4 -1,2 мм, с шагом между зубьев $ln=10$ мм, тогда общая длина $Lн = ln \cdot 4 = 40$ мм.

Определены натяг каждого выглаживающего зуба и окончательно получены шлифованием заготовок с диаметра 60,8+1.5 до нужных диаметры дорнующих зубьев в назначенной заготовке в соответствии со следующими расчетными значениями натягов.

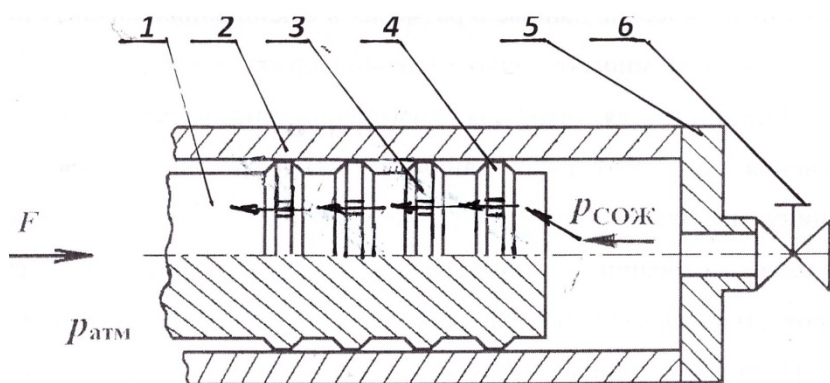


Рис. 1. Схема подачи СОЖ к дорнующим зубьям со стороны обрабатываемого отверстия:

- 1 – шток прошивного станка или гидропресса; 2 – обрабатываемая деталь;
- 3 – канавка дросселирующего элемента; 4 – дорнующий зуб дорна;
- 5 – торцевая заглушка на обрабатываемой детали 2; 6 – дроссель торцевой заглушки 5

На рис. 2 приняты следующие обозначения: 1 – режуще-деформирующий зуб прошивки; 2 – дорнующие черновые зубья, создающие предварительный размер глубокого отверстия; 3 – дорнующие чистовые зубья прошивки, соз-

дающие окончательный размер глубокого отверстия; 4 – средняя деформирующая часть прошивки; 5 – трубная заготовка; 6 – элементы гидравлических камер, образованных боковыми конусными поверхностями зубьев прошивки

и поверхностью ГО; 7 – глубокое отверстие трубной заготовки 5; 8 – общий трубопровод магистрали рабочей среды; 9 – кран реверсивный; 10 – трубопровод, ведущий к обрабатываемой поверхности ГО от общего трубопровода 8 магистрали рабочей среды; 11 – дроссели; 12 – радиальный канал; 13, 14 – осевые каналы;

N-1, N-2, N-3 – условные камеры с шагом 10 мм, образованные кольцевыми канавками и расположенные между дорнующими зубьями; I, II, III – условные камеры с шагом 19 мм, образованные кольцевыми канавками и расположенные между дорнующими зубьями [2].

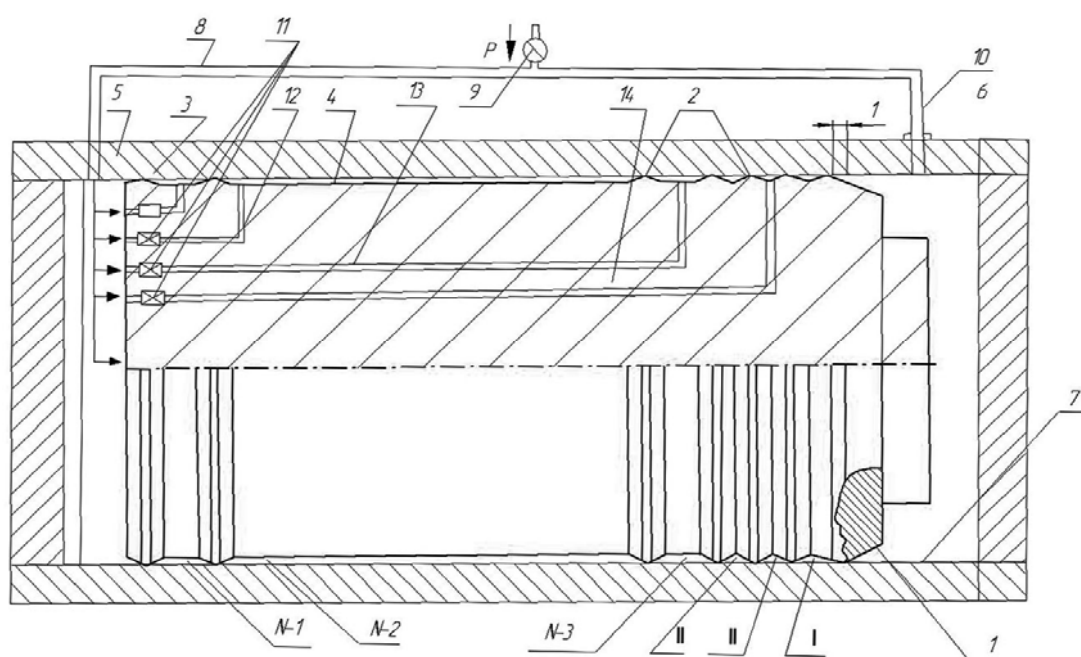


Рис. 2. Схема прошивки с элементами дросселирования

Такой подход позволяет создать условия для увеличения стойкости и точности обработки ГО.

Способ механической обработки ГО в трубной заготовке, при котором обработку осуществляют борштангой с режущим инструментом, помещенным в прошивку, представлен в статье [2, 4–9].

При осуществлении обработки методом деформирующего прошивания деформированием ГО на параметры точности и шероховатости значительное влияние оказывают геометрические параметры дорнующих элементов, их количество n на прошивке, число ее рабочих ходов N [2] в обрабатываемом отверстии и натяг i .

Параметры щелевой канавки: высота 0,0005 м, ширина 0,007 м, скорость движения дорна относительно стенки трубы 1 м/мин, длина потока в щели 1 мм \times 12 = 12 мм, используемая СОЖ – масло, динамическая вязкость СОЖ 12,6 МПа·с; количество щелей в дорнующем зубе 4 (или подбирается так, чтобы было крат-

но 4-м), давление СОЖ в полости трубы $P_{60} \sum V_{60} = 364440$ (Н) (оно может быть заменено давлением СОЖ в 121,5 МПа), давление среды (атмосферное) $P=0,1$ МПа.

Устройство для совмещенной обработки ГО состоит из дорнующей прошивки, инструментальной борштанги и поворотной промежуточной втулки для осуществления планетарного движения инструментальной борштанги. В рассматриваемых примерах технология прошивания предусматривает в процессах дорнования толкающую силу, прикладываемую к дорну (аналогично тянущую).

При натяге $i = 1,4$ мм, когда в работе будет находиться 12 дорнующих зубьев, т. е. дорн будет иметь три блока по 4 зуба в каждом, величина осевой силы не превысит предел $F = P_{60} \sum V_{60}$

$$P_{60} \sum V_{60} = 121480 \times 3 = 364440 \text{ (Н)}.$$

Тогда, чтобы СОЖ не препятствовала движению дорна, необходимо обеспечить ее утечку через щели с определенным давлением

($P_{COЖ}$) (см. рис. 2). Одновременно, конструктивным изменением расчетного числа щелей или их площади, обеспечивается параметр $V_d = S_o = (1 \dots 9)$ м/мин, и тогда скорость V_d равна величине осевой подачи дорна S_o вдоль оси ГО за 1 минуту. Это же количество СОЖ оказывается и вытесненным из полости условного гидроцилиндра длиной 1м(п.у.г.ц.1) через канавки 3 дросселирующих элементов в сторону толкателя (рис. 1).

$$Q_{\text{п.у. г.ц 1}} = (1\text{м}) \pi D^2 / 4 = \\ = (1000 \times 3,14 \times 60^2 / 4) = \\ = 11\,304\,000 \text{ мм}^3 = 0,013 \text{ м}^3$$

Зная величину силы $P_{60} \sum B_{60} = 121480 \times 3 = 364440$ (Н), необходимой для осуществления дорнования ГО диаметром 60 Н7, имеющего перед обработкой припуск $0,9 = 1,4$ мм, необходимо установить давление $P_{COЖ}$, которое необходимо создать для перетекания СОЖ из обрабатываемой полости ГО в отработанную.

Скорость перемещения дорна (резания) может быть выражена через параметры давления Δp_d и геометрические параметры δ и b дросселирующих элементов щелей и обрабатываемого отверстия через следующую зависимость

$$V_d = \frac{2}{\delta b} \left(\frac{\delta b \cdot \Delta p_d}{12 \mu L} - \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L_0 \cdot N \right), \quad (1)$$

где V_d – скорость движения дорна относительно стенки трубы, δ – высота щели (0,0005 м), b – ширина щели (0,007 м), L – длина потока в щели (1 мм \times 12 = 12 мм), μ – динамическая вязкость СОЖ (12,6 МПа·с), N – число щелей в дорнующем зубе (4 или кратное 4), Δp_d – перепад давлений при продавливании СОЖ через

$$V_d = \frac{2}{0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 7 \cdot 10^{-3}} \cdot \left(\frac{0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 7 \cdot 10^{-3} \cdot 30,4 \cdot 10^6}{12 \cdot 12,6 \cdot 10^6} - \frac{3,14 \cdot (6 \cdot 10^{-2})^2}{4} \cdot 1 \cdot 4 \right) = 0,02 \text{ м / сек} = 1,2 \text{ м / мин}$$

Выводы

1. Зная давление P и требуемый расход $Q_{ж}$ СОЖ, можно подобрать значения площади сечения каналов для дросселирования при переходе из ее передней, подводящей жидкость в части в заднюю камеру, и давление, которое необходимо поддерживать перед этими каналами для обеспечения нужной скорости дорнования.

2. Требуемый расход $Q_{ж}$ и скорость перемещения жидкости из передней условной каме-

щели зуба, L_0 – длина обрабатываемого отверстия ($L_0 = 1$ м.). При этом значения регулируют на величину перепада давления Δp_d при продавливании СОЖ через щелевые канавки зуба в зависимости от режимов резания, что позволяет снизить процессы образования нароста на дорнующих зубьях и задиоров на обработанной поверхности.

Найдем значение перепада давлений при продавливании СОЖ через щели зуба:

$$\Delta p_d = \frac{P_{COЖ} - P_{атм}}{N_d} \quad (2)$$

где $P_{COЖ}$ – давление СОЖ в полости трубы $P_{60} = 364440$ (Н) (оно может быть заменено давлением СОЖ в 121,5 МПа), $P_{атм}$ – давление среды (атмосферное) $P_{атм} = 0,1$ МПа, N_d – число щелей в дорнующем зубе $N_d = 4$.

Используем следующие исходные данные.

Параметры щелевой канавки: высота 0,0005 м, ширина 0,007 м. Определим скорость движения дорна относительно стенки трубы, если длина потока в щели 1 мм \times 12 = 12 мм, используемая СОЖ – масло, динамическая вязкость СОЖ 12,6 МПа·с; количество щелей в дорнующем зубе 4 (или подбирается так, чтобы было кратно 4-м), давление СОЖ в полости трубы $P_{60} \sum B_{60} = 364440$ (Н) (оно может быть заменено давлением СОЖ в 121,5 МПа), давление среды (атмосферное) $P = 0,1$ МПа.

Подставив численные значения в формулу (3), получим:

$$\Delta p_d = \frac{121,5 - 0,1}{4} = 30,4 \text{ МПа}, \quad (3)$$

Зная перепад давлений при продавливании СОЖ через щели зуба, используя формулу (1), найдем значение V_d :

ры в заднюю определяет скорость движения прошивки V_d в процессе режущо-деформирующего прошивания ГО и зависит от режимов резания, геометрических параметров прошивки, от расхода СОЖ и параметров СОТС.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Санинский, В. А. Расчет параметров дросселирования каналами дорнующих элементов прошивок / В. А. Санинский, Е. А. Федянов, Е. Н. Нестеренко // Известия ВолгГТУ : научный журнал № 2 / ВолгГТУ. – Волгоград, 2020. – (Серия «Прогрессивные технологии»).

2. Санинский, В. А. Обоснование расширения возможностей режущо-деформирующего прошивания глубоких отверстий при ремонте машин сельскохозяйственного назначения / В. А. Санинский, А. В. Грибенченко, Е. Н. Смирнова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 1 (53). – С. 284–293.

3. Протяжки для обработки отверстия / Ж. К. Маргулис, М. М. Тверской, В. Н. Ашихмин [и др.]. – М. : Машиностроение, 1986. – 232 с., с ил. – (Б-ка инструментальщика).

4. Пат. 2563401 РФ, МПК В23В35/00. Способ механической обработки глубокого отверстия в трубной заготовке / В. А. Санинский, В. В. Ананян, Е. Н. Осадченко, А. В. Санинский, Д. Н. Творогов; ВолгГТУ. – 2015.

5. Пат. 2552616 РФ, МПК В23В41/00, В23Д79/00, В23В1/00, В23С3/00. Способ механической обработки глубокого отверстия в трубной заготовке / В. А. Санинский,

В. В. Ананян, Е. Н. Осадченко, А. В. Санинский, Д. С. Михайлов ; ВолгГТУ. – 2015.

6. Санинский, В. А. Разработка и применение фрезерно-расточных станков с механизмом планетарного движения режущего инструмента : монография / В. А. Санинский ; ВПИ (филиал) ВолгГТУ. – Волгоград, 2016. – 110 с.

7. П. м. 143938 РФ, МПК В23В41/02. Устройство для механической обработки глубоких отверстий / В. А. Санинский, В. В. Ананян, Е. Н. Осадченко, А. В. Санинский ; ВолгГТУ. – 2014.

8. Санинский, В. А. Совершенствование технологии обработки трубных заготовок / В. А. Санинский // Вестник машиностроения. – 2016. – № 7. – С. 73–76.

9. Improving the use of lubricant fluid in machining / A. V. Shchedrin? F. F. Bekaev, V. M. Skoromny et al // Russian Engineering Research. Nef Vork; Allerton press, 2006, Vol. 26. № 10. 3 38-39.