Е. А. Федянов, В. А. Санинский, Н. А. Ушаков

МЕТОДИКА РАСЧЕТА КОЛИЧЕСТВА ДРОССЕЛИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ МНОГОЗУБОГО ДОРНА

Волжский политехнический институт (филиал) ВолГТУ

E-mail: ushakov@post.volpi.ru

Предложена методика расчета параметров цилиндрических дросселирующих элементов дорнующих зубьев многозубого дорна, которая позволяет обеспечить необходимый объем и распределение потока рабочей среды, подаваемый на дорн в процессе обработки глубоких отверстий длинномерных цилиндров, и обосновать разделение общего потока на несколько различных потоков, обеспечивающих дросселирование смазывающее-охлаждающей жидкости (СОЖ) при ее применении в смазочно-охлаждающей технологической среде (СОТС). Предполагается, что обработка осуществляется на принципах совмещения процессов вихрефрезерования и поверхностной пластической деформации (ППД) способами и методом винтовой интерполяции. Результаты исследований на основе разработанной методики расчета расхода рабочей среды в цилиндрических дросселирующих элементах позволяют обеспечивать дальнейшее совершенствование существующих способов обработки глубоких отверстий, в том числе повышение качества осемоточных точных труб.

Ключевые слова: дросселирующие зубья; режущий зуб; глубокое отверстие; пластическая деформация.

E. A. Fedyanov, V. A. Saninsky, N. A. Ushakov

METHOD FOR CALCULATING THE NUMBER OF THROTTLE ELEMENTS OF THE MULTI-TOOTH DORN

Volzhsky Polytechnic Institute (branch) of VSTU

The method for calculating the parameters of the cylindrical throttling elements of the tipping teeth of a multi-toothed mandrel has been performed, which makes it possible to provide the required volume and distribution of the working medium flow supplied to the mandrel in the process of processing deep holes of long cylinders and to substantiate the division of the total flow into several different streams that provide throttling of the lubricating-cooling liquid (Coolant) when used in a lubricating and cooling technological environment (SOTS). It is assumed that the processing is carried out on the principles of combining the processes of vortex milling and surface plastic deformation (SPD) by the methods and method of helical interpolation presented in the description of the monograph. The research results based on the developed methodology for calculating the flow rate of the working medium in cylindrical throttling elements allows for further improvement of existing methods for processing deep holes, including improving the quality of high-precision precision pipes.

Keywords: throttling teeth; cutting tooth; deep hole; plastic deformation.

Известны способы механической обработки глубоких отверстий (ГО) в длинномерной трубных заготовках (ТЗ), при осуществлении которых обработку осуществляют устройством, содержащем борштангу с режущим инструментом [1–3].

При обработке ГО 1 (рис. 1, 2) в ТЗ 2 борштанга 3 (рис. 1) может быть оснащена резцом 4 (или фрезой), располагаться на эксцентричных подшипниках 5 в пиноли 6 с передним ре-

жущим зубом 7 и дорнующими зубьями 8, содержащей переднюю крышку 9, заднюю крышку 1. На входе в глубокое отверстие 1 трубной заготовки 2 выполняют расточку 11 длиной не менее длины пиноли 6. Пиноль 6 базируют в исходном положении в расточке 11 перед включением давления Р рабочей среды для осуществления осевой подачи пиноли 6 вдоль оси ГО. По наружной поверхности на концах трубной заготовки 2 предварительно

нарезают резьбу 12, с помощью которой на торцах трубной заготовки фиксируют левую 13 и правую 14 заглушки с дросселями 15. При этом образуется единая герметичная полость между левой 13, правой 14 заглушками и поверхностью ГО 1. Для осуществления прямого рабочего хода до выхода пиноли 6 к правой заглушке 14, рабочую среду подают под давлением P по трубопроводу 16 через дроссель 15 левой заглушки 13 в герметичную полость и далее через дроссель вращения 17 на турбину 18. При этом борштанга 3 осуществляет поступательное и вращательное движение. За счет того, что подшипники 5 имеют эксцентриситет,

возможно совмещение поступательного и вращательного движения с планетарным движением борштанги 3 вокруг оси пиноли 6, выполняющая растачивание ГО под последующее совмещенное с растачиванием, протягивание передним режущим зубом 7 и дорнование глубокого отверстия 1 дорнующими зубьями 8. В процессе дорнования смазывающе-охлаждающая среда, которой может являться турбинное масло, подаваемое по трубопроводу 10, подается по радиальным каналам 19 и 20 на дросселирующие элементы радиусом r общим количеством n между дорнующими зубьями 8, расположенные по периметрам дросселирующих зубьев 8 (рис. 2).

Рис. 1. Продольное сечение устройства для механической обработки глубокого отверстия в трубной заготовке, применяемое при осуществлении способа [3]

По окончании процесса такой совмещенной обработки ГО осуществляют обратный ход на рабочей подаче, для чего рабочую среду подают через дроссель 15 правой заглушки 14 до полного возврата пиноли 6 к заглушке 13 в исходное положение. При этом осуществляется повторное дорнование обрабатываемого глубокого отверстия 1 в пределах остаточной деформации поверхности ГО

Используем следующие исходные данные из статьи [6].

Приравняем параметры цилиндрических дросселирующих элементов (число N ц. д. э которых нужно рассчитать) и параметры четырех щелевых канавок: высота 0,0005 м, ширина 0,007 м. Определенную в статье [6] скорость движения дорна относительно стенки трубы $V_d = 1,2$ м/мин требуется оставить неизменной

Рис. 2. Вид дросселирующих элементов на поперечном сечении пиноли 6: 2 – обрабатываемая трубная заготовка; 3 – шпатель; 6 – пиноль; 8 – дросселирующие элементы дорнующих зубьев; 7 – режущий зуб; 21 – осевые каналы для подвода СОЖ к радиальным каналам 19 и 20

как и длину потока в щели 1 мм х 12 = 12 мм, используемая СОЖ – масло, динамическая вязкость СОЖ 12,6 МПа·с; давление СОЖ в полости трубы $P_{60} \sum B60 = 364440$ (Н).

Подставив численные значения в формулу (1), получим:

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

Диаметр прошивки 105 мм [1] позволяет определить диаметр гидроцилиндра, в котором нужно с усилием перемещать дорн-поршень. Используя эти данные расчета достигаемого усилия дорнования прошивкой дорном диаметром 105 мм и характеристик СОТС – глубина 0,5 мм, длина 7 мм [3, 4] по четыре канавки на каждые 12 зубьев и необходимого давления и расхода СОЖ при скорости дорнования 1 м/мин [2, 5, 6].

Зная величину силы $P_{60} \sum B60 = 121480 \times 3 = 364440$ (Н), необходимой для осуществления дорнования ГО диаметром 60 Н7, имеющего перед обработкой припуск 0,9=1,4; мм, необходимо установить давление $p_{\text{СОЖ}}$, которое необходимо создать для перетекания СОЖ из обрабатываемой полости ГО в отработанную [2].

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 [6].

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

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 х 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 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 задиры на обработанной поверхности.

Однако, для дросселирующих элементов цилиндрической формы с радиусом $r=0,5$ мм эта зависимость не всегда соответствует требованиям к выкружкам, выполняемым на протяжках.

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

Зная перепад давлений при продавливании СОЖ через щели зуба, используя формулу (2), найдем значение V_d :

$$V_d = \frac{2}{\delta b} \left(\frac{\delta b \cdot \Delta p_d}{12 \mu L} - \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L_0 \cdot N - \frac{4r^2 - \pi r^2}{2} \cdot N \right). \quad (3)$$

После преобразования формула (3) примет вид:

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

Подставив численные значения в формулу (3), получаем значение V_d равное 1,2 м/мин.

Выводы

1. Осевая скорость дорна зависит от методики расчета параметров дросселирующих элементов на дорнующих зубьях.

2. Выполненная методика расчета параметров цилиндрических дросселирующих элементов дорнующих зубьев позволяет создать возможности для методического обеспечения расчетного распределения потока рабочей среды, подаваемый на многозубый дорн-поршень, а также на несколько различных потоков, обеспечивающих дросселирование СОЖ в СОТС.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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.
2. Протяжки для обработки отверстий / Ж. К. Маргулис, М. М. Тверской, В. Н. Ашихмин [и др.]. – М.: Машиностроение, 1986. – 232 с., с ил. – (Б-ка инструментальщика).
3. Пат. 2563401 РФ, МПК B23B35/00. 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.
4. 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.
5. 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»).
6. Федянов, Е. А. Расчет параметров дросселирования в параллельных каналах дорнующих прошивок для глубоких отверстий / Е. А. Федянов, В. А. Санинский, Н. А. Ушаков // Известия ВолГГТУ: научный журнал № 1 / ВолГГТУ. – Волгоград, 2021. – (Серия «Прогрессивные технологии»).