

УДК 621.922.02

Течение смазочно-охлаждающей жидкости через торцовые уплотнения соосного шлифовального инструмента

Гусев В.Г., Андрианов С.Б.

Работа посвящена исследованию течения СОЖ через концентричный зазор между торцевыми бесконтактными щелевыми уплотнениями и обрабатываемой поверхностью заготовки при внутреннем шлифовании сборным соосным инструментом. Установка на инструмент специальных торцевых уплотнений гарантирует обеспечение высокого давления СОЖ в зоне обработки, а гарантированный зазор существенно повышает основные параметры резания. Геометрические параметры концентричного зазора, а также геометрическая форма и размеры наружной (рабочей) поверхности уплотнения оказывают существенное влияние на формирование давления СОЖ в зоне обработки. Моделирование и расчет гидродинамических потоков СОЖ через зазор позволяет определить оптимальную величину утечек, гарантирующую отвод шлама из зоны обработки, снижение тепловой напряженности процесса шлифования, а также контролировать уровень давления в зоне резания.

Ключевые слова: щелевые уплотнения, соосное шлифование, давление СОЖ, зона резания.

Введение и постановка задачи

Круглое внутренне шлифование кольцевых заготовок в емкости с СОЖ отличается высоким качеством обработанного поверхностного слоя и коэффициентом шлифования. Однако, для обеспечения высокого давления СОЖ в зоне резания в известном инструменте [1] устанавливают по торцам заготовки две уплотнительные крышки, которые необходимо снимать и вновь устанавливать при переходе к обработке очередной заготовки. Значительное вспомогательное время, затрачиваемое на монтаж и демонтаж боковых уплотняющих крышек, существенно ограничивает применение данного технологического способа. Осуществление промежуточного контроля геометрических и других параметров обработки также требует демонтажа и монтажа боковых крышек.

С целью сокращения вспомогательного времени, торцовые крышки предлагается устанавливать не на заготовку, а на быстро вращающийся шлифовальный инструмент, что позволяет исключить необходимость многократного их снятия и установки. Предложенная схема обработки отверстия представлена на рис. 1.

При быстром вращении инструмента радиально-подвижные шлифовальные бруски, расположенные между торцовыми крышками, генерируют в зоне резания мощные гидродинамические потоки СОЖ. Торцовые уплотнения должны обеспечивать стабильное формирование и сохранение повышенного давления СОЖ (до 1 МПа), минимальный ее расход, гарантированный отвод тепла и шлама из зоны обработки, а также возможность возвратно-поступательного перемещения инструмента для обработки длинных цилиндрических отверстий.

Наиболее полно сформулированным требованиям отвечают бесконтактные щелевые уплотнения. Оптимально подобранная величина зазора между щелевым уплотнением и обрабатываемой поверхностью заготовки позволит контролировать уровень давления в зоне обработки, отводить из зоны резания образующийся шлам и снизить тепловую напряженность процесса шлифования.

Данный тип уплотнения можно применять в гидравлических устройствах практически при любых давлениях жидкости и скоростях перемещения инструмента относительно заготовки. Герметизация емкости, в которой

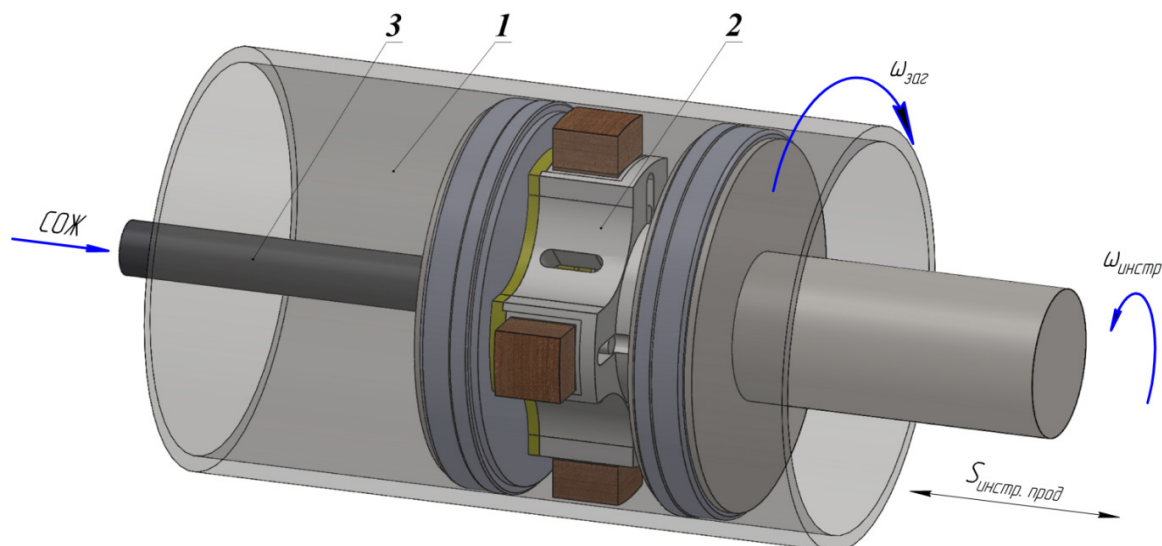


Рис. 1. Схема шлифования отверстия соосным инструментом с радиально-подвижными абразивными брусками (1 – заготовка; 2 – соосный инструмент с торцовыми уплотнениями; 3 – трубопровод для подвода СОЖ).

происходит процесс шлифования, при использовании этих уплотнений достигается путем увеличения гидравлического сопротивления в местах сопряжения наружной поверхности манжеты и обрабатываемой поверхности заготовки.

Необходимо отметить, что применение щелевых уплотнений требует контроля температурных полей в зоне обработки, так как при достижении критических значений температуры возможно защемление уплотнения. В процессе шлифования заготовки происходит снятие припуска, вследствие чего величина зазора между уплотнением и обрабатываемой поверхностью заготовки увеличивается, что требует при снятии больших припусков контроля расход СОЖ. Кроме этого, для шлифования отверстий различного диаметра требуется индивидуальный комплект уплотнений.

Таким образом, одним из основных параметров соосного шлифования инструментом с радиально-подвижными сегментами и боковыми уплотнениями становится объем утечек СОЖ через зазор между торцовыми уплотнениями инструмента и обрабатываемой поверхностью заготовки.

Цель работы – установить основные закономерности течения жидкости в зазоре между торцовыми бесконтактными уплотнениями и обрабатываемой поверхностью заготовки.

Давление СОЖ, формируемое инструментом при работе

Формирование гидродинамических потоков СОЖ предложенным шлифовальным инструментом протекает так же, как и при работе известного инструмента [1], что подтверждается результатами компьютерного моделирования и предварительных экспериментов, представленными в [2]. По данным [2] при быстром вращении инструмента максимальное давление СОЖ формируется в клине перед абразивным бруском (сегментом), которое определяется по формуле:

$$P = 0,0140\varpi - 0,00143, \text{ МПа} \quad (1)$$

где $\varpi = \frac{\pi \cdot n}{30}$ – угловая скорость вращения инструмента, рад/с; n – частота вращения инструмента, мин^{-1} .

Максимальное давление СОЖ в зоне резания достигает 1,05 МПа [2] при частоте вращения инструмента 8600 мин^{-1} .

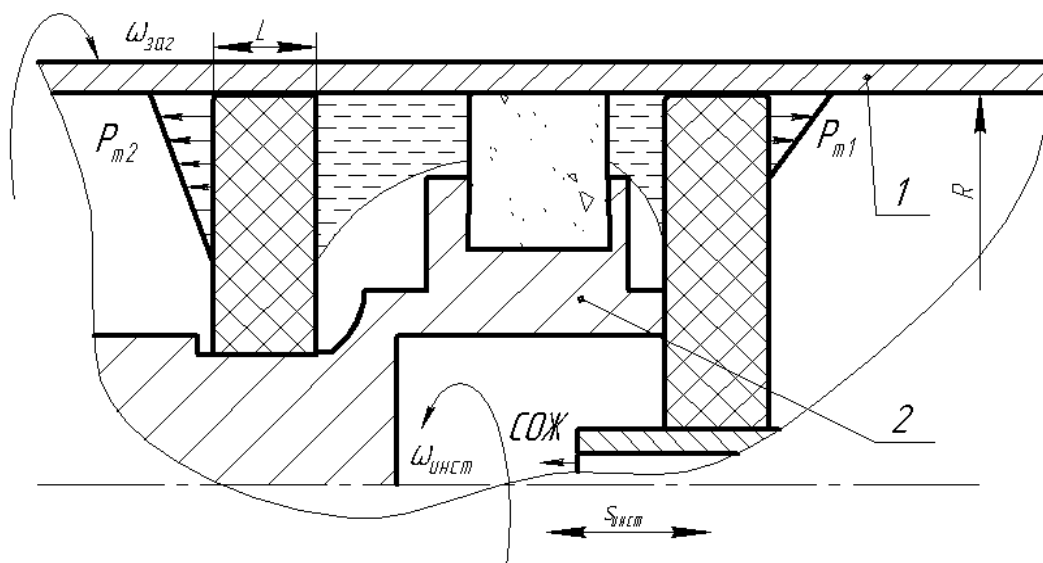


Рис. 2. Давление СОЖ на боковые торцы (1 – Заготовка; 2 – Соосный инструмент с торцовыми уплотнениями).

Давление жидкости на боковые торцы P_m распределяется неравномерно по всей поверхности (рис. 2) и зависит от количества сегментов n_c в инструменте 2, их углового положения в конкретный момент времени, от радиуса r рассматриваемой точки до центра вращения инструмента, а также величины зазора s между обрабатываемой поверхностью заготовки 1 и уплотнением. Наибольшее значение давление жидкости наблюдается при максимальном радиусе r , поэтому для упрощения расчетов утечек через уплотнения принимаем $P_{m1} = P_{m2} = P$.

Течение СОЖ через кольцевую щель

В процессе шлифования образуется концентричный зазор S между уплотнением и обрабатываемой поверхностью заготовки (рис 3). Вследствие малой величины зазора, скорости жидкости в осевом направлении и установившегося режима обработки принимаем ламинарный характер течения жидкости в зазоре. В соответствии с уравнением Бернулли потери давления жидкости при протекании через зазор определяются:

$$\Delta p = p - p_a = \Delta p_f + \Delta p_v + \Delta p_m, \quad (3)$$

где p_a - давление жидкости в зазоре; Δp_f - перепад давлений на длине уплотнения с учетом преодоления жидкостного трения; Δp_v - перепад давлений при создании скоростного напора; Δp_m - перепад давлений на преодоление местных сопротивлений на входе и выходе из зазора.

Величины Δp_v и Δp_m по результатам многочисленных исследований различных авторов оказывают незначительное влияние на потери давления, поэтому ими можно пренебречь. Тогда $\Delta p = \Delta p_f$.

При ламинарном течении

$$\Delta p_f = \frac{12 \times \eta \times L \times Q_y}{k_g \times \pi \times d \times s^3}, \quad (4)$$

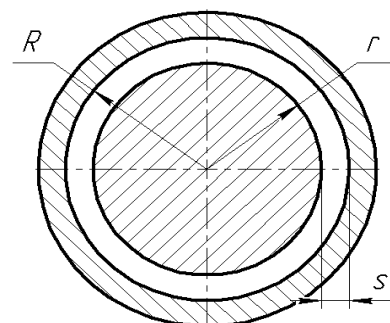


Рис. 3. Концентричный зазор между уплотнением и заготовкой.

где η - динамический коэффициент вязкости СОЖ; L - длина уплотнения; Q_y - расход жидкости; k_s - коэффициент, учитывающий эксцентричность расположения уплотнения относительно обрабатываемой поверхности заготовки; s - зазор; d - диаметр уплотнения.

Выполнив преобразования, при установившемся ламинарном течении жидкости в кольцевом зазоре получаем расход с учетом всех потерь

$$Q_y = \frac{\pi \times R \times \Delta p \times s^3}{6 \times \mu \times L} + \pi \times R \times u \times s \quad (5)$$

где μ - коэффициент динамической вязкости жидкости; u - средняя скорость течения жидкости.

Выводы

В результате исследований выявлены основные зависимости между объемом утечек СОЖ и геометрическими параметрами зазора, которые необходимы при проектировании бесконтактных щелевых уплотнений устанавливающих на соосный шлифовальный инструмент с целью обеспечения оптимальных параметров процесса обработки.

Статья поступила в редакцию 26 октября 2012 г.

Paper deals with the flow of coolant through the concentric gap between the end plate and non-contact surface of the workpiece machined with internal teams of coaxial grinding tool. Installing the tool of special mechanical seal guarantees the high-pressure coolant in the treatment area, and the clearance significantly increases the basic cutting parameters. The geometrical parameters of concentric gap, as well as geometric shape and size of the external (working) the seal had a significant influence on the coolant pressure in the treatment area. Modeling and calculation of hydrodynamic flow coolant through the gap to determine the optimal value of leakage, which guarantees removal of sludge from the treatment area, reducing the thermal stress of the grinding process, as well as to control the pressure in the cutting zone.

Keywords: wear rings, coaxial grinding, coolant pressure, cutting zone.

Гусев Владимир Григорьевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Технология машиностроения» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

Андреанов Сергей Борисович – старший преподаватель кафедры «АПМ» Муромского института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

Литература

1. Блурцян Д.Р., Трифонова Ю.В., Блурцян И.Р., Гусев В.Г. Способ внутреннего шлифования // Патент № 2182531 Российская Федерация, В24D 5/14, опубл. 20.05.2002.

2. Блурцян Д.Р. Высокопроизводительный сборный абразивный инструмент для соосного внутреннего шлифования: автореф. дис... д-ра техн. наук / Блурцян Давид Рафикович. – М.: МГТУ (Станкин), 2007. – 36 с.

3. Макаров Г. В. Уплотнительные устройства – Л.: Машиностроение, 1973. – 207 с.

References

1. Blurtsyan D.R., Trifonov Y.V., Blurtsyan I.R., Gusev V.G. Way of internal grinding // Russia Patent № 2182531, B24D 5/14, 20.05.2002.

2. Blurtsyan D.R. High grinding assembly for coaxial internal grinding: Author. dis ... Dr. tech. Science - Moscow: Moscow State Technical University (Stankin), 2007. – 36.

3. Makarov G.V. Sealing devices – L.: Mechanical Engineering, 1973. – 207 p.