

## АНАЛИЗ СИЛ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА СВЕРЛО БТА

А.Б. Ким, Старший преподаватель, Чжу Лянлян, студ.

Томский политехнический университет

634050, г. Томск пр. Ленина 30, E-mail: Vogowhich@tpu.ru

**Аннотация:** В данной статье представлен метод расчета сил, действующих на сверло БТА при сверлении. Также приводится расчет сил, действующих на направляющие пластины сверла БТА по исходным экспериментальным данным.

**Abstract:** The given article presents method of calculating forces acting on the BTA drill during drilling. The calculation of the forces acting on the guiding inserts of the BTA drill according to the initial experimental data is also given.

**Keywords:** BTA drill, cutting force, guide pads

**Ключевые слова:** сверло БТА, сила резания, направляющие пластины

Технология БТА является сегодня наиболее распространенной технологией, применяемой для высокоточного и производительного глубокого сверления. Сверла БТА применяют для сверления отверстий диаметром 6...180 мм и более, глубиной более 100D с точностью диаметральных размеров IT7...9, уводом осей отверстий до 0,01...0,03/100 мм и шероховатостью  $Ra \approx 2,5$  мкм. Сверло БТА состоит из сверлильной головки 1 и стебля 2 кольцевого сечения (Рис. 1), к которому головка крепится с помощью наружной или внутренней прямоугольной одно- или четырехзаходной резьбы. Центрирование головки в стебле осуществляется по двум посадочным поясам, выполненным в стебле и на хвостовике сверлильной головки по посадке H7/f7. При сверлении СОЖ в зону резания подается под давлением через маслоприемник 3 в кольцевой зазор между стеблем и обработанным отверстием, а стружка отводится внутри стебля.[1]

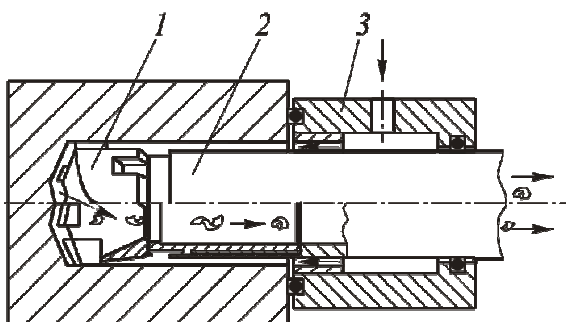


Рис. 1. Схема обработки глубокого отверстия сверлом БТА:  
1- сверлильная головка; 2-стебель; 3-маслоприемник

Зная величины сил, действующих на режущие пластины, можно рассчитать величину и направление действия результирующей силы резания, а также силы реакции опоры, возникающие на направляющих пластинах сверлильной головки БТА, что позволит спроектировать инструмент с лучшими режущими свойствами и большей стойкостью как режущих, так и направляющих СМП.

В таблице 1 представлены результаты измерения составляющих силы резания, действующих на отдельных участках режущих кромок, расположенных на разных радиусах R сверла БТА. Режим сверления: скорость резания  $V=100$  м/мин, скорость подачи  $s=0,1$  мм/об.

На рис. 2 показана упрощенная система сил, действующих в поперечном сечении головки БТА [2]. Силы, действующие на сверло БТА, представляют в виде двух сил, приложенных в центре головки, – горизонтальной  $F_{hor}$  и вертикальной  $F_{ver}$ , а также крутящего момента резания  $M_s$ :

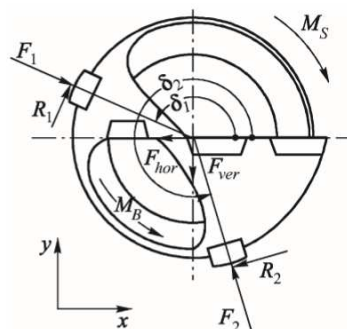


Рис. 2. Упрощенная система сил, действующих в поперечном сечении многолезвийной сверлильной головки БТА

$$F_{hor} = R_1 \sin \delta_1 + R_2 \sin \delta_2 - F_1 \cos \delta_1 - F_2 \cos \delta_2; \quad (1)$$

$$F_{hor} = R_1 \sin \delta_1 + R_2 \sin \delta_2 - F_1 \cos \delta_1 - F_2 \cos \delta_2; \quad (2)$$

$$M_B = M_s + R_1 r_N + R_2 r_N. \quad (3)$$

Таблица 1

:R, мм	Радиальная составляющая P <sub>y</sub> , Н	Осевая составляющая P <sub>x</sub> , Н	Тангенциальная составляющая P <sub>z</sub> , Н
14	39,8	192,7	293,7
13	27,7	174	286
12	31,9	162,5	276,1
11	28	152,4	257,4
10	31,8	169,5	273,1
8	16,2	169,3	263,3
7	6,2	153,2	281,1
6	3,4	171,8	282,6
4	9,4	181,4	275
3	34,8	103,2	217,8
2	45,7	119,4	267,8
1	19,7	113	232

Используя экспериментальные данные, рассчитываются составляющие силы резания, действующие на периферийную, промежуточную и центральную режущие пластины, по которым рассчитываются горизонтальная и вертикальная силы  $F_{hor}$  и  $F_{ver}$ .

Силы, действующие на периферийную режущую пластину:

$$F_{y1} = 213,6\text{Н}; F_{x1} = 1265,6\text{Н}; F_{z1} = 1975\text{Н}$$

Силы, действующие на промежуточную режущую пластину:

$$F_{y3} = 25,8\text{Н}; F_{x3} = 640,2\text{Н}; F_{z3} = -930,8\text{Н}$$

Силы, действующие на центральную режущую пластину:

$$F_{y2} = -51,4\text{Н}; F_{x2} = 517\text{Н}; F_{z2} = 992,6\text{Н}.$$

Далее рассчитываются горизонтальная и вертикальная силы:

$$F_{гор} = F_{y1} + F_{y2} + F_{y3} = 213,6 - 51,4 + 25,8 = 188\text{Н};$$

$$F_{верт} = F_{z1} + F_{z2} + F_{z3} = 1975 + 992,6 - 930,8 = 2036,8\text{Н}.$$

Результирующая сила резания рассчитывается следующим образом:

$$R = \sqrt{F_{гор}^2 + F_{верт}^2} = \sqrt{188^2 + 2036,8^2} = 2045,5\text{Н}$$

Угол действия результирующей силы резания будет составлять:

$$\alpha = 180^\circ + \beta = 180^\circ + 84^\circ = 264^\circ,$$

где угол  $\beta$  рассчитывается как:  $\beta = \arctan \frac{F_{верт}}{F_{гор}} = \frac{2036,8}{188} = 84^\circ.$

Реакции опоры нужно рассчитывать как векторные величины, при этом должны удовлетворяться следующие условия:

$$\begin{aligned}\sum F(x) &= 0; \\ \sum F(y) &= 0.\end{aligned}$$

В рассматриваемом случае угол  $\delta_1 = 180^\circ$ ;  $\delta_2 = 285^\circ$ , тогда:

$$\begin{aligned}\sum F(x) &= N_1 - N_2 \sin(\delta_2 - 270^\circ) \sin(\delta_2 - 270^\circ) - R \cos(\alpha - \delta_1) = 0; \\ \sum F(y) &= N_2 \cos(\delta_2 - 270^\circ) - R \sin(\alpha - \delta_1) = 0.\end{aligned}$$

Отсюда  $N_1 = 759$  Н,  $N_2 = 2106$  Н.

Из результата анализа сил, действующих на сверло БТА следует, что сила реакции опоры  $N_2$  значительно больше силы реакции опоры  $N_1$ . Это будет приводить к тому, что вторая направляющая пластина будет быстрее изнашиваться и, соответственно, быстрее ломаться. Поэтому надо обратить внимание на решение этой проблемы при проектировании корпуса сверла БТА путем изменения положения режущих и направляющих пластин, а именно изменения их углового и радиального положения. Так, например, при одновременном смещении центральной СМП по радиусу на 1 мм к оси сверла и ее повороте на  $5^\circ$ , а также повороте центральной СМП на  $3^\circ$  (см. рис.3) нормальные силы, действующие на направляющие пластины, изменятся следующим образом.

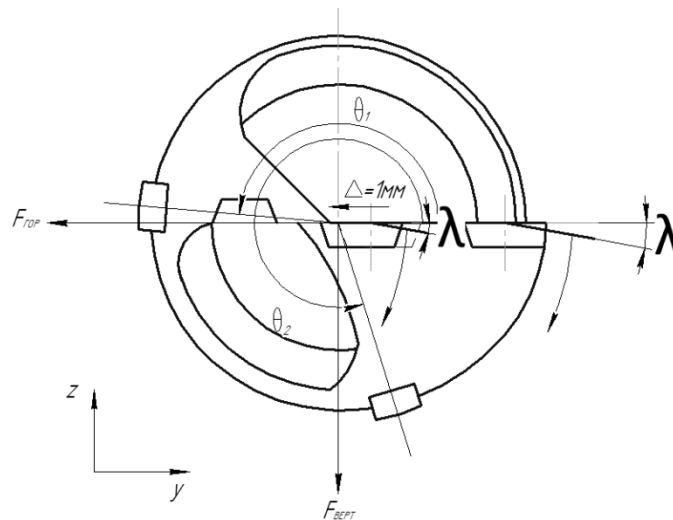


Рис.3. Изменение положения центральной и периферийной СМП

Силы  $F_{z1}$  и  $F_{y1}$ , действующие на периферийную режущую пластину составят:

$$\begin{aligned}F_{z1} &= 1948,7 \text{ Н}; \\ F_{y1} &= 348,9 \text{ Н}.\end{aligned}$$

Силы  $F_{z2}$  и  $F_{y2}$ , действующие на центральную режущую пластину составят:

$$\begin{aligned}F_{z2} &= 719,3 \text{ Н}; \\ F_{y2} &= -13,8 \text{ Н}.\end{aligned}$$

$$\sigma = M / W_{x \text{ нетто}}$$

По величинам вышеуказанных сил значение результирующей силы резания  $R$  составит 1506 Н, угол действия результирующей силы резания  $\alpha$  будет равен  $256^\circ$ , а силы реакции опоры  $N_1$  и  $N_2$  составят 756 Н и 1513 Н соответственно.

Как видно соотношение нормальных сил, действующих на выглаживающих поверхностях направляющих пластин, уменьшится с 1:3 до 1:2, а значит отношение скорости износа 1-ой направляющей пластины к скорости износа 2-ой направляющей пластины также уменьшится.

Таким образом, зная расположение режущих и направляющих пластин, а также величину удельной силы резания, действующей на единичной длине режущих кромок сверла БТА, и используя методику, изложенную выше, можно проектировать сверла БТА более высокой работоспособности.

Список используемых источников:

1. Кирсанов С.В., Гречишников В.А., Григорьев С.Н., Схиртладзе А.Г. Б87 Обработка глубоких отверстий в машиностроении: справочник / под общ. ред. С.В. Кирсанова. М.: Машиностроение, 2010. 344 с.: ил. ISBN 978-5-94275-521-8
2. Кожевников Д.В., Гречишников В.А., Кирсанов С.В., Григорьев С.Н., Схиртладзе А.Г. Режущий инструмент: учебник для вузов / под. Общ. Ред. С.В. Кирсанова.-4-е изд., перераб. и доп. – Машиностроение, 2014.-520 с.: ил. ISBN 978-5-94275-713-7

## ПОЛУЧЕНИЕ ПРОБ НАПЛАВЛЯЕМОГО МЕТАЛЛА ДУГОЙ КОСВЕННОГО ДЕЙСТВИЯ

*В.П. Сидоров, д.т.н., проф.*

*Тольяттинский государственный университет*

*445020, г.Тольятти, ул. Белорусская, 14*

*E-mail: Vladimir.sidorov.2012@list.ru*

**Аннотация:** Приводятся результаты использования дуги косвенного действия для получения проб для спектрального анализа содержания легирующих элементов в наплавляемом металле. Пробу получали наплавкой покрытыми электродами на массивную медную пластину. Для экспериментов использовали электроды для сварки теплоустойчивых сталей. Содержание элементов в пробе от дуги косвенного действия хорошо совпадает с их содержанием в пятислойной наплавке. Показано, что доли участия основного металла в шве однослойной наплавки, рассчитанные по трем основным легирующим элементам, также хорошо совпадают. Влияние основного металла на металлургические реакции в сварочной ванне незначительно. Это открывает перспективу определения соответствия содержания легирующих элементов в наплавляемом металле по результатам однослойной наплавки на пластину. Для этого необходимо расчетное определение площади поперечного сечения основного металла с помощью теории тепловых процессов сварки с применением измерения размеров шва.

**Abstract:** This paper shows the results of using a non-transferred arc to obtain samples for spectral analysis of the content of alloying elements in filler metal. The sample was obtained by cladding with coated electrodes to a massive copper plate. For these experiments we used electrodes for the welding of heat-resistant steel. The content of element in the sample from non-transferred arc coincides with their content in five-layers cladding. It is shown that the participation fractions of the base metal in the weld of single-layer cladding, calculated on the basis of three main alloying elements, also coincide well. The influence of the base metal on metallurgical reactions in a welding pool is negligible. It gives the prospect to determine the correspondence of alloying elements content in filler metal upon the results of a single-layer cladding on the plate. To do this, it is necessary to calculate a cross-section area of the base metal with a help of a theory for thermal welding processes using weld size measurements.

**Ключевые слова:** сварочная дуга, наплавка, проба, спектральный анализ, площадь проплавления.

**Keywords:** welding arc, cladding, sample, spectral analysis, melting area.

Введение. С развитием сварки возрастает потребность в точном определении содержания легирующих элементов в наплавляемом металле и сварном шве. В работе [1] показано, что отечественный терминологический стандарт [2] не дает четкого определения наплавленного металла. Стандарт ИСО 25901-1, принимаемый в РФ в настоящее время [3], определяет наплавленный металл, как металл шва, за минусом основного металла (deposited metal). Такой металл шва целесообразно называть дополнительным [1]. Это условный сплав, химический состав которого можно определить только расчетом. В отличие от него в [3] рассматривается и поступающий в шов металл в процессе сварки (all-weld metal), который в отечественных нормативных документах принято называть наплавленным, но более точно было бы называть наплавляемым. Химический состав наплавляемого металла может быть определен на его пробах.