

УДК 621.9.01

А. Ю. Горелова, аспирант, **А. А. Плешаков**, аспирант, **А. Д. Измайлов**, магистрант,

Научный руководитель: **М. Г. Кристаль**, д.т.н., проф., Волгоградский государственный технический университет

E-mail: forasyoo@gmail.com

Повышение точности обработки гильз гидростоек

Предложена классификация методов повышения точности обработки глубоких отверстий. Разработан способ обработки с использованием демпфирующего устройства, позволяющего уменьшить увод инструмента и непрямолинейность оси обрабатываемого глубокого отверстия.

Ключевые слова: глубокое растачивание, демпфирующие устройства, непрямолинейность оси, компенсация увода.

A. Y. Gorelova, A. A. Pleshakov, A. D. Izmaylov, M. G. Kristal

Increasing the Accuracy of Hydraulic Legs' Shell Manufacturing

Classification of existing methods of increasing the accuracy of hydraulic legs' shell manufacturing is carried out. The method of manufacturing with the usage of damping mechanism, which is aimed to reduce spiraling and deviation of deep hole's axis in relation to tool's axis, is developed.

Keywords: deep boring, damping mechanism, spiraling, axis deviation, deviation compensation.

При эксплуатации современного механизированного горнодобывающего комплекса, одним из основных факторов, определяющих безопасность ведения работ, является работоспособность силовых гидроцилиндров, которые обеспечивают сопротивление опусканию кровли и передвижение его элементов в забое. Учитывая значимость этого оборудования для обеспечения безопасности проведения очистных работ, к силовым гидроцилиндрам предъявляются жесткие технические требования по качеству их изготовления [1].

Одним из наиболее ответственных элементов гидравлической стойки является гильза, которая при длине превышающей восемь диаметров, представляет собой деталь с глубоким отверстием. Следовательно, надежность работы гидравлической стойки напрямую зависит от точности обработки глубокого отверстия гильзы.

Существующие способы повышения точности обработки глубоких отверстий могут быть классифицированы по следующим признакам: схеме

обработки глубокого отверстия; способу подачи-отвода СОТС; объекту приложения, по физическому принципу действия.

При анализе методов повышения точности обработки глубокого отверстия необходимо в первую очередь учитывать схему обработки. Выделяют [2] обработку, при которой: заготовка совершает вращательное движение, а инструмент только поступательное; заготовка совершает вращательное движение, а инструмент одновременно вращательное (встречное) и поступательное движение подачи; заготовка неподвижна, а инструмент совершает вращательное и поступательное движения.

При этом отдельно для растачивания глубокого отверстия выделяют растачивание на растяжение и растачивание на сжатие.

Также методы обработки глубокого отверстия подразделяются на группы в зависимости от способа отвода стружки на три типа [3].

ELB сверление (расточка) однолезвийным инструментом (пушечное сверло). Метод характеризуется подводом СОТС через внутренние отверстия в инструменте и внутренним отводом отработанной СОТС вместе со стружкой через полость между инструментом и обработанным отверстием.

Эжекторное сверление (расточка). Характеризуется внутренне - наружным подводом СОТС. Внутренний подвод осуществляют по каналу в виде кольцевого зазора в инструменте между борштангой и внутренней трубкой, при этом поток СОТС, подаваемого насосом разделяется на два: один направляется в зону резания, а второй поступает во внутреннюю трубку и создает эффект эжекции. Вывод СОТС вместе со стружкой осуществляется через внутреннюю трубку.

ВТА сверление (расточка). Методы разработанные «Boring and Trepanning Association» [3]. Подачу СОТС осуществляют через кольцевой зазор между борштангой и обрабатываемым отверстием, а вывод СОТС вместе со стружкой – через отверстие в борштанге.

Основным недостатком этой группы методов является необходимость применения гораздо более дорогого и сложного оборудования для обеспечения подачи СОТС под требуемым давлением, необходимую жесткость и герметичность системы СПИЗ.

По объекту приложения принципиально различают методы, которые применяют к инструменту и методы, применяемые к обрабатываемой заготовке. Этот признак вместе с физическим принципом действия лег в основу классификации методов повышения точности обработки глубоких отверстий.

По физическому принципу методы разделяют на 3 группы: управление положением, стабилизация положения, виброгашение.

В рамках методов управления положением инструмента разработаны системы автоматического управления (САУ) положением инструмента по диагностическому сигналу от датчиков. При этом датчики контролируют

различные параметры, такие как разностенность, угловое перемещение, отклонение от первоначального положения, деформацию частей инструмента, ускорение и т.д. Так же известны устройства, включающие САУ управления положением инструмента на основе контроля нескольких параметров.

Такие системы широко распространены и успешно используются, однако они достаточно сложны в эксплуатации. Это связано с необходимостью настройки датчиков и поддержания необходимых параметров системы СПИЗ.

Методы стабилизации положения включают разработку направляющих элементов и устройств стабилизации для инструмента и детали. К направляющим элементам относят оправки и втулки, которые обеспечивают необходимую жесткость системы СПИЗ и базирование инструмента.

Такие устройства универсальны и имеют широкое применение при обработке глубоких отверстий. Однако, они недостаточно эффективны, так как не оказывают влияния на вибрации, возникающие в процессе обработки, и являющиеся причиной основных погрешностей при длительной механической обработке.

Вибрации, как правило, связаны с изношенностью станка либо, возникают в самом резцедержателе в процессе обработки заготовки. По причине неоднородности обрабатываемого материала и погрешности заточки резцов, происходит неравномерный износ режущего инструмента, что приводит к потере сбалансированности резцедержателя, его отклонению от первоначального положения и снижению качества обработки.

Методы, направленные на решение этих проблем относят к направлению виброгашения. Они позволяют изменять параметры колебательных процессов, протекающих в системе СПИЗ и, таким образом, минимизировать связанные с этим дефекты. Эти способы применимы как к инструменту, так и к детали.

Одним из направлений виброгашения является применение демпфирующих устройств в составе расточной головки или борштанги. Такие демпферы разнообразны по конструктивным решениям, однако преследуют одну общую цель – минимизирование всех вибрации, передающихся инструменту или возникающих в нём.

Актуальность разработки методов этого направления доказывают тенденции таких известных производителей инструментов, как Sandvik Coromant, который производит специальную серию инструментов Silent tool и Iscar с серией антивибрационных оправок для инструмента.

Не смотря на то, что такие демпферы не способны полностью гасить вибрации, они оказываются весьма эффективны при условии достаточной жесткости и сбалансированности системы СПИЗ. Следовательно,

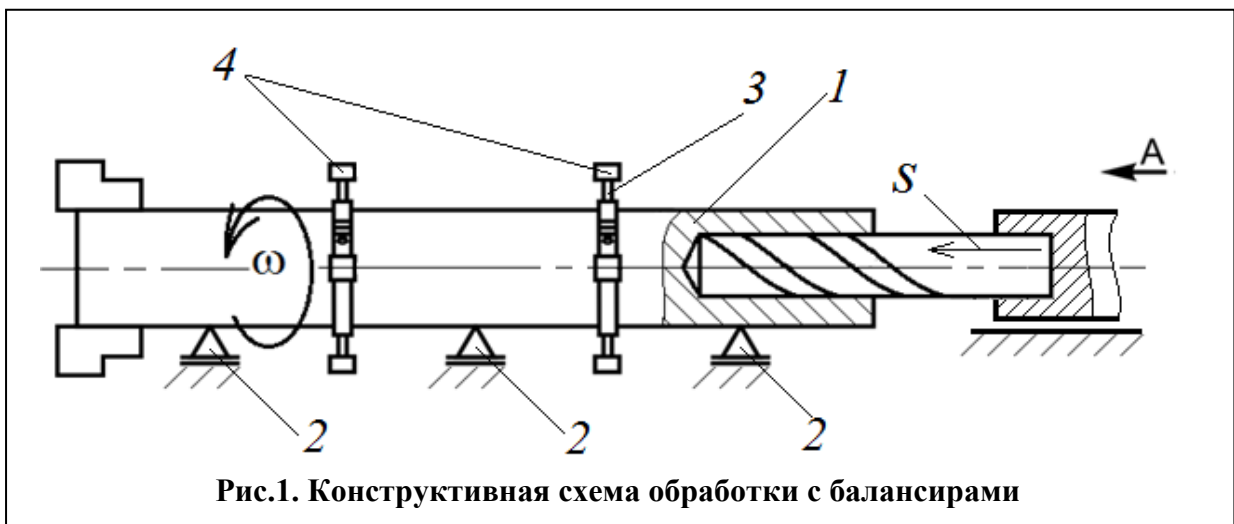
предпочтительны для применения при схеме обработки вращающимся инструментом невращающейся заготовки.

Для обработки вращающейся заготовки вращающимся или невращающимся инструментом одним из главных факторов снижения точности обработки отверстия является поддержание сбалансированности системы. Ведь априори материал заготовки обладает неким разбросом твердости, который приводит к неравномерному износу резцовой головки.

Следовательно, имея информацию об изначальном распределении твердости заготовки, необходимо корректировать динамические параметры системы СПИЗ для минимизации, возникающих погрешностей.

В рамках описанного подхода нами предложен способ виброгашения с использованием балансиров для обработки глубоких отверстий. Для его осуществления перед началом обработки заготовку детали 1 (рис.1) устанавливают в опорах 2, например, в люнетах. Далее по назначенным режимам обработки определяют круговую частоту ω .

Из равенства $\omega = \omega_0$, рассчитывают жесткость c упругого подвеса 3 и массу m балансира 4 (рис.2) по известной формуле $\frac{c}{m} = \omega_0^2$, где c - жесткость упругого подвеса балансира, m - масса балансира, ω_0 - частота собственных колебаний балансира закрепленного на упругом подвесе, равная круговой частоте ω вращения детали. Жесткость упругого подвеса балансира c рассчитывают по известной формуле. Установку балансира производят на половине расстояния между каждой из соседних пар опор, для достижения необходимой жесткости участка.



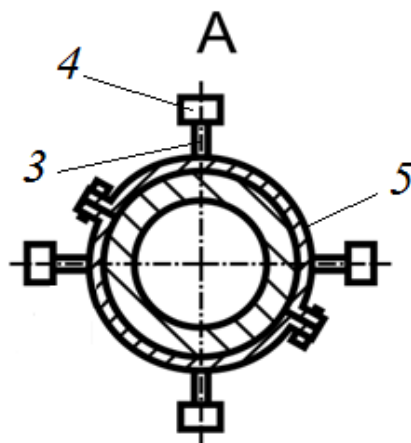


Рис.2. Набор балансиров, установленный на заготовке

В результате определения параметров балансира 4 получают соответствующий набор 5 балансиров 4 (рис. 2). Устанавливают набор 5 балансиров 4, подвешенных на упругих подвесах 3 на деталь 1 на половине расстояния между каждой из соседних пар опор и производят обработку на всю глубину обрабатываемого отверстия. Конкретные значения c и m , удовлетворяющие соотношению $\frac{c}{m} = \omega_0^2$ выбираются исходя из размеров детали. Затем рассчитывают компенсацию увода $\Delta a = \frac{a_0}{a_5}$, где a_0 увод оси отверстия без балансира, а a_5 увод оси отверстия при использовании балансира.

Увеличению точности отверстия на качество соответствует значение компенсации увода $\Delta a \geq 1,2$. Такое конструктивное решение позволяет избежать резонансных явлений, а, следовательно, и связанного с этим увода оси отверстия.

Для проверки эффективности способа рассмотрим обработку стали 20X13 размером $\varnothing 70 \times 5100$ мм с неравномерным распределением твердости, например, таким как в таблице 1. Установку произведем в двух опорах, так чтобы расстояние между ними составляло 2500 мм. Далее по назначенным режимам обработки определим круговую частоту ω вращения детали, например, для скорости резания $V = 50$ м/мин и подачи $s = 0,5$ мм/об - $\omega = 55,56$ рад/с (табл. 2). Для определенной величины $\omega = \omega_0$, рассчитана жесткость упругого подвеса и массу балансира и получим соответствующий набор балансиров.

Далее необходимо установить набор балансиров, подвешенных на упругих подвесах, например, с параметрами - $\frac{c}{m} = \frac{3314}{1}$ на расстояние 1250 мм между каждой парой опор и произвести сверление (расточку) на всю глубину обрабатываемого отверстия. Затем производят измерение увода оси отверстия a_5 для данного примера $a_5 = 264$ и рассчитывают

компенсацию увода Δa с учетом значения $a_0 = 300$ мкм, которое для приведенного примера было определено при обработке детали, аналогичной выбранной детали, без использования балансиров для доказательства эффективности способа.

Для выбранных параметров балансира и детали степень точности отверстия по прямолинейности при сверлении без балансира соответствует пятнадцатой, а в результате осуществления предложенного способа точность повысили до четырнадцатой согласно ГОСТ 24643-81.

Таблица 1

Значение твердостей заготовки по сечениям

Расстояние до сечений, в которых производится измерение твердости, мм								
300	900	1500	2100	2700	3300	3900	4500	5100
Значение твердости в четырех точках двух взаимно перпендикулярных сечений, НВ								
210	220	220	230	232	230	225	229	225
210	218	215	218	211	210	212	211	210
215	200	195	195	191	192	191	189	189
210	215	211	214	209	210	211	211	215

Для приведенного примера $\Delta a = 1,2$ т. е. достигнуто уменьшение увода оси сверла относительно оси отверстия в 1,2 раза. Для всех приведенных значений параметров c и m балансира так же достигнуто уменьшение увода оси, чему соответствует значение компенсации увода $\Delta a \geq 1,2$.

Таблица 2

Параметры способа

Круговая частота ω , рад/с											
55,56											
Масса балансира m , кг											
1	1,5	0,91	0,75	0,76	0,7	0,6	0,6	0,48	0,5	1,5	1,2
Жесткость упругого подвеса балансира c , Н/м											
3314	4511	2652	2302	2357	2062	1767	1842	1473	1473	4511	3683
Увод оси отверстия при сверлении без балансира a_0 , мкм											
300											
Увод оси отверстия при сверлении с балансиром a_5 , мкм											
264	272	271	271	267	269	267	275	292	264	284	292
Компенсация увода Δa											
1,20	1,20	1,23	1,24	1,24	1,25	1,26	1,26	1,28	1,30	1,50	1,20

Полученный результат доказывает эффективность применения данного способа для повышения точности обработки вращающейся заготовки. В данном способе жесткость инструмента принята постоянной, что вместе с подобранными по приведенным правилам балансирами позволяет обеспечить работу режущего инструмента в зоне отсутствия резонанса и существенно повысить точность обработки. Однако, для полного исключения погрешностей обработки необходимо, наряду с предложенными действиями, обеспечить постоянную жесткость по длине обрабатываемого инструмента и не снижающуюся жесткость элементов станка.

Список литературы

1. **Набатников Ю.Ф.** Повышение точности изготовления силовых гидроцилиндров механизированных крепей путем совершенствования технологического процесса сборки: Автореф. дисс. д-р техн. наук: 05.02.08; ГОУ ВПО им. И.М. Губкина. – М., 2012.- 37 с.

2. **Уткин Н.Ф., Кижняев Ю.Н., Плужников С.К.** Обработка глубоких отверстий. Л.: Машиностроение, 1988. 269 с.

3. **Klaus Weinert, Claus Weihs, Oliver Webber, Nils Raabe.** Varying bending eigenfrequencies in BTA deep hole drilling: mechanical modeling using statistical parameter estimation // Production Engineering Res. Devel. 2007. P. 127-134.