УДК 621.9.02

САМОУСТАНАВЛИВАЕМОСТЬ ПЛАВАЮЩЕГО РЕЗЦОВОГО БЛОКА В КОМБИНИРОВАННОМ ИНСТРУМЕНТЕ ПРИ ОБРАБОТКЕ НА ТРУБОРАСТОЧНЫХ СТАНКАХ

Боярский В.Г., Шеров К.Т., Сихимбаев М.Р., Макеев В.Ф.

Карагандинский государственный технический университет, Караганда, e-mail: smurat@yandex.ru

В статье рассматриваются условия самоустанавливаемости плавающих резцовых блоков в комбинированном инструменте при обработке на трубораточных станках. Для устранения несовпадения осей инструмента и заготовки при чистовой обработке интегральным и дифференцированным способами на трубораточных станках моделей РТ, револьверных и других станках, используются самоустанавливающиеся инструменты. Наиболее прогрессивными являются самоустанавливающиеся двухлезвийные блоки, которые обеспечивают наилучшее приближение оси мерного инструмента к оси обрабатываемого отверстия, исключая изгибные деформации корпуса инструмента. Применение мерных плавающих резцовых блоков является одним из эффективных способов повышения качества обработки гидроцилиндров. Обработка гильз гидроцилиндров самоустанавливающимися плавающими резцовыми блоками существенно уменьшает влияние факторов, вызывающих погрешность обработки. Рассмотрена математическая модель действующих сил при самоустанавливании плавающего резцового блока в комбинированном инструменте. Использована методика расчета самоустанавливания инструментов применительно к интегральному расточно-раскатному модулю, используемому на трубораточных станках модели РТ, применяемых при изготовлении гидроцилиндров механизированных крепей на Карагандинских машиностроительных заводах. Исходя из условий самоустанавливаемости инструмента предложена оптимальная геометрия резцового блока и конструкция корпуса резцового блока.

Ключевые слова: плавающий резцовый блок, резцовый блок, комбинированный инструмент, интегральный расточно-раскатной модуль, самоустанавливаемость инструмента, мерный инструмент

INDEPENDENTLY ESTABLISHED SWIMMING BLOCK WITH CUTTERSIN THE COMBINED TOOL AT PROCESSING ON BORING MACHINE TOOLS OF DEEP DRILLING

Boyarsky V.G., Sherov K.T., Sikhimbaev M.R., Makeev V.F.

Karaganda state technical university, Karaganda, e-mail: smurat@yandex.ru

In article conditions of independent installation of floating blocks with cutters in the combined tool are considered at processing on boring machine tools of deep drilling. For elimination of discrepancy of axes of the tool and preparation at fair processing integrated and differentiated by the ways on boring machine tools of deep drilling of models PT, revolving and other machine tools, are used independent installation of the tool. The most progressive are independent installations two-edged blocks which provide the best approach of an axis of the measured tool to an axis of a processed aperture, excepting flexural deformations of the case of the tool. Application measured swimming block with cutters is one of effective ways of improvement of quality of processing of hydrocylinders. Processing of sleeves of hydrocylinders of independent installation by floating blocks with cutters essentially reduces influence of the factors causing an error of processing.The mathematical model of operating forces is considered at independent installation of the floating block with cutters in the combined tool. The design procedure of independent installation of tools with reference to the integrated boring plastically- deforming module, deep drilling of model RT used on boring machine tools, hydrocylinders of the mechanized support applied at manufacturing at the Karaganda machine-building factories is used. Proceeding from conditions of independent installation of the tool the optimum geometry of the block with cutters and a design of the case of the block with cutters is offered.

Keywords: the floating block with cutters, the block with the cutters, the combined tool, integrated boring the plastically-deforming module, an independent establishment of the tool, the measured tool

При обработке гильз гидроцилиндров диаметром от 80 до 250 мм необходимо обеспечить точность диаметрального размера и отклонений расположения обрабатываемых поверхностей, в частности – точность положения оси отверстия относительно наружной цилиндрической поверхности. В период установившегося резания плавающий двухлезвийный блок самоустанавливается, в отверстии заготовки происходит равномерное деление припуска между двумя режущими кромками. В то же время условия резания каждой режущей кромкой неодинаковы (разные геометрия, степень износа режущих кромок, механические свойства обрабатываемого материала), поэтому необходимо обеспечивать равные условия стружкообразования, устанавливая одинаковые режущие пластины и проведя их тщательную наладку [1, 2, 6].

Для устранения несовпадения осей инструмента и заготовки при чистовой обработке интегральным и дифференцированным способами на трубораточных станках моделей РТ, револьверных и других станках используются самоустанавливающиеся инструменты. Наиболее прогрессивными являются самоустанавливающиеся двухлезвийные блоки, которые обеспечивают наилучшее приближение оси мерного инстру-

мента к оси обрабатываемого отверстия, исключая изгибные деформации корпуса инструмента [1, 6].

Обработка отверстий самоустанавливающимися мерными инструментами вследствие их большой жесткости исключает или существенно уменьшает влияние факторов, вызывающих погрешность обработки, таких как погрешность базирования обработанной детали и режущего инструмента, податливость технологической системы, нестабильность механических свойств обрабатываемого металла.Для компенсации указанного несовпадения осей рекомендуется использовать самоустанавливающуюся технологическую оснастку (СТО) [1, 2].

Несмотря на достаточно широкое применение СТО, механизм самоустанавливаемости этой оснастки изучен недостаточно, что и объясняет отсутствие методики ее расчета. Наибольшая точность расположения отверстий достигается с помощью самоустанавливающейся технологической оснастки, которая обеспечивает наилучшее приближение оси мерного инструмента к оси обрабатываемого отверстия, исключая изгибные деформации корпуса инструмента. Самоустанавливающийся инструмент в процессе работы способен приспосабливаться к незначительным отклонениям от соосности заготовки и инструмента. Оправка, в пазу которой установлен плавающий самоустанавливающийся двухлезвийный блок, применяется для чистового растачивания отверстий диаметром 80–250 мм.

На рис. 1 представлена конструкция интегрального расточно-раскатного модуля, применяемого на трубораточных станках модели РТ для получистовой и окончательной обработки гильз гидроцилиндров. Длительная эксплуатация такого комбинированного инструмента показала, что именно такой инструмент обеспечивает наибольшую точность и качество получаемой поверхности.

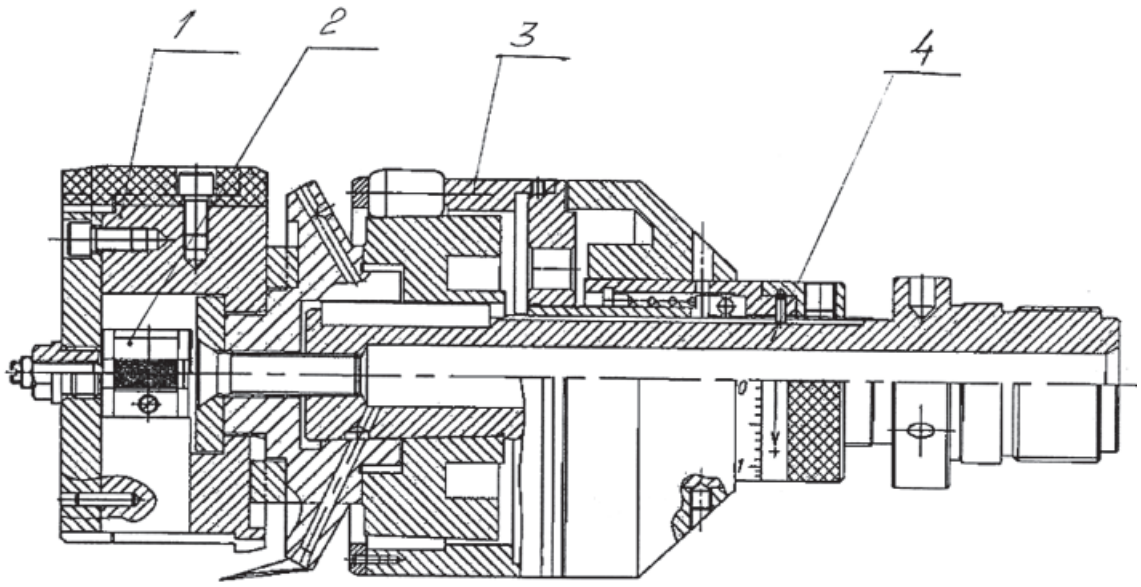

Рис. 1. Интегральный расточно-раскатной модуль к трубораточному станку модели РТ: 1 – корпус; 2 – плавающий нож; 3 – раскатной блок; 4 – корпус для крепления инструмента к стеблю станка

При обработке с помощью комбинированного инструмента на труборасточных станках модели РТ используется плавающий резцовый блок (рис. 2). Он имеет два ножа 1 и 4 с пластинами твердого сплава 2. Ножи скреплены винтами 5. Для настройки резцового блока на размер служит винт 3.

Сущность обработки отверстий плавающими резцовыми блоками заключается в том, что при соприкосновении с заготовкой инструмент центрируется заборной частью относительно торцов обрабатываемого отверстия и в процессе резания формирует цилиндрическую поверхность. Процесс обработки отверстия самоустанавливающимися мерными инструментами (плавающими резцовыми блоками) состоит из периодов самоустанавливаемости, врезания и установившегося резания [1].

Рассмотрим математическую модель действующих сил при самоустанавливании плавающего резцового блока в интегральном расточно-раскатном модуле. В период самоустанавливаемости плавающий блок при подходе к заготовке контактирует с ней заборной частью одного из режущих лезвий

(рис. 3). При сближении одной из режущих кромок заборной части блока с заготовкой во время подачи в месте контакта появляется нормальная сила реакции N, величина которой зависит от угла в плане ω_0 заборной части режущей кромки и коэффициента трения на режущей кромке и в направляющем пазу державки, определяемой углом трения ω.

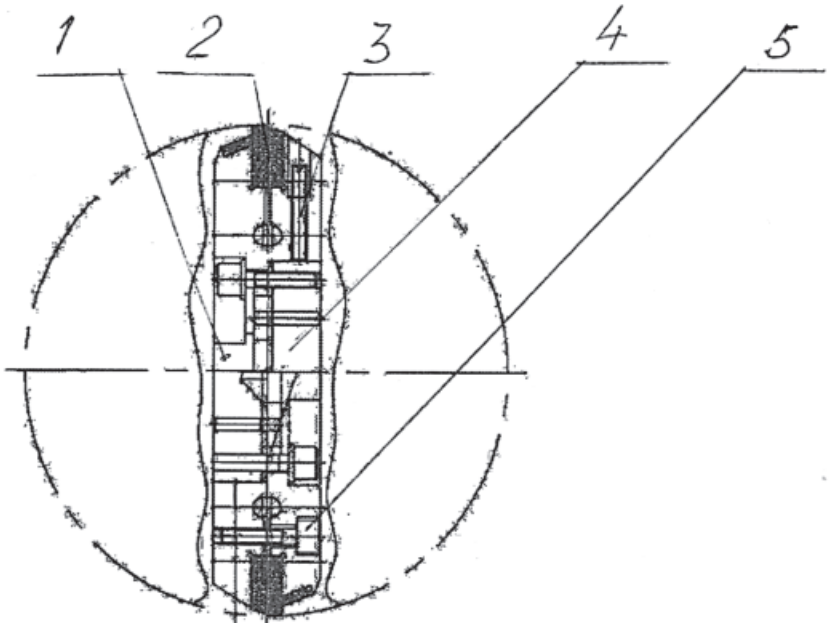

Рис. 2. Плавающий резцовый блок к интегральному расточно-раскатному модулю: 1 и 4 – ножи; 2 – твердосплавная пластина; 3 и 5 –крепежные винты

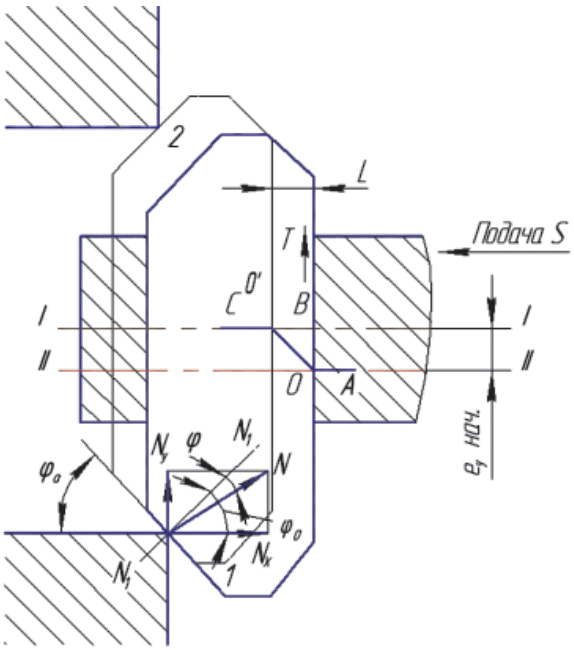

Рис. 3. Схема действия сил при устанавливании плавающего блока

Сила N раскладывается на две составляющие: осевую N_y и радиальную N_x.

Осевая сила N_y находится в виде:

$$N_y = N_x \cdot \mathrm{ctg}(\omega_0 6\omega). \quad (1)$$

Инструмент перемещается в радиальном направлении при условии, что сила N_y будет больше сопротивления трению T в направляющем пазе державки:

$$N_y \exists T. \quad (2)$$

Сила трения от действия составляющей силы N_x определится в виде:

$$T = \mu \cdot N_x. \quad (3)$$

Отсюда условие осуществления ориентации лезвий блока относительно торцев обрабатываемого отверстия имеет вид

$$N_x \cdot \mathrm{ctg}(\omega_0 6\omega) \exists \mu \cdot N_x \quad (4)$$

или

$$\mathrm{ctg}(\omega_0 6\omega) \exists \mu. \quad (5)$$

Из неравенства (5) следует для облегчения самоустанавливания инструмента необходимо уменьшить угол в плане ω_0 его заборной части и коэффициент трения как на заборной части инструмента (tg ω), так и в пазу державки (μ). При очень большом угле ω_0 или большой силе трения в пазу державки может произойти самоторможение резцового блока и,как следствие, срезание стружки одним лезвием.

Определенным значениям μ соответствуют предельные значения ω_0, выше которых условие самоустанавливаемости нарушается (таблица).

Значения коэффициента μ от углов ω и ω_0

Углы	Значения углов при коэффициенте μ						
	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35
ω	28509	68	88309	118209	148	168409	198209
$\omega_0 + \omega$	878109	848	818309	788409	768	738209	708509
ω_0	848209	788	738	678209	628	568409	518309

Определим скорость и время самоустанавливания блока в зависимости от величины смещения $e_{унач}$ осей I–I и II–II. Полная компенсация величины смещения $e_{унач}$ пройдет тогда, когда центр блока (точка О) под действием подачи и силы трения переместится в точку О’. При этом блок по направлению движения подачи совершит путь l.

Из треугольника ОВО’:

$$l = O'B = \frac{e_{унач}}{\mathrm{tg}\varphi_0}.$$

Этот путь в продольном направлении плавающий блок пройдет со скоростью

$$S \cdot n/60, \quad (6)$$

где S – подача, мм/об; n – частота вращения заготовки, об/мин.

При условии, что время движения блока в продольном и поперечном направлениях до полной компенсации будет одинаково, скорость перемещения блока в пазу оправки запишется в виде:

$$u = \frac{S \cdot n \cdot \mathrm{tg}\varphi_0}{60}.$$

Тогда, время смещения блока в радиальном направлении на величину $e_{унач}$

$$t_у = \frac{e_у}{S \cdot n \cdot \mathrm{tg}\varphi_0}.$$

Время самоустановки блока определяется величиной смещения $e_{унач}$, режимами резания и углом в плане ω_0 плавающего блока.

С момента начала контактирования обеих режущих кромок инструмента о кромки заготовки наступает этап врезания. В период врезания начинается процесс стружкообразования, при котором появляется дополнительное трение в пазу державки, вызываемое моментом тангенциальных составляющих силы резания P_z, а также увеличением трения от возрастания осевой составляющей силы резания P_x. Теоретически период врезания должен соответствовать половине оборота заготовки и заканчиваться, когда параметры среза (толщина и ширина) достигнут номинального значения. Однако в связи с наличием дополнительного трения в пазе державки от сил P_z и P_x, параметры среза не могут достичь номинального значения за половину оборота заготовки и поэтому период врезания занимает несколько большее время.

В период установившегося резания сила трения в направляющих плавающего инструмента полезна. Она препятствует возникновению вибрации инструмента, вызываемой дискретностью процесса резания и периодичностью мгновенных изменений сил резания на режущих кромках, приводящих к появлению разности радиальных сил P_y.

Практически всегда $\Delta P \neq T$, поэтому полной компенсации величины смещения $e_{унач}$ в горизонтальной плоскости не бывает и всегда остается нескомпенсированная величина смещения $e_{укон}$, которая является одной из причин неточности обработки отверстий плавающими блоками.

На процесс совмещения осей инструмента и заготовки величина первоначального смещения $e_{унач}$ не влияет. Следовательно,

первоначальное смещение не будет сказываться на точности обработки отверстий самоустанавливающимися инструментами при условии исключения заклинивания их в момент самоустанавливания. Последнее может произойти при назначении большого угла в плане ω_0 в конструкции самоустанавливающегося инструмента или при случайных чрезвычайно больших смещениях, когда первоначальное контактирование кромки заготовки происходит с передним торцом режущего блока, а не с главной режущей кроткой. Смещение влияет на длительность процесса самоустанавливания.

Для уменьшения времени самоустанавливания следует назначать по возможности больший угол в плане ω_0. Было установлено, что трение между блоком и оправкой, проявляющееся в момент самоустановления инструмента в обрабатываемом отверстии, является основным фактором, снижающим точность обработки отверстий плавающими двухлезвийными блоками. При этом сила трения зависит от формы сопряжения корпуса блока с оправкой и величины зазора между ними. Оптимальная форма корпуса плавающего блока, сопрягаемого с оправкой по посадке с зазором $\frac{H7}{f7}$ – должна быть цилиндрическая.

Используя методику [1, 2] расчета самоустанавливания инструментов, рассчитали оптимальные условия для самоустановки плавающего резцового блока в интегральном расточно-раскатном модуле, при этом эксплуатация самоустанавливающихся резцовых блоков с твердосплавными пластинами показала, что производительность расточных работ блоками увеличилась по сравнению с растачиванием однолезвийными напайными резцами на 50–60 %. Показатели точности после использования предлагаемого инструмента соответствуют 7–9 квалитетам точности, а конусность и овальность не превышают 0,02–0,03 мм, кроме того плавающий блок позволяет применять скоростные режимы резания [3, 4].

Результаты научных исследований были внедрены на Карагандинских машиностроительных предприятиях (ТОО «Машзавод №1», Карагандинский литейно-механический завод «Корпорации Казахмыс»).

Список литературы

1. Лепихов В.Г. Самоустанавливающиеся инструменты. – М.: Машиностроение, 1974. – 80 с.

2. Инструменты для обработки точных отверстий / С.В. Кирсанов, В.А. Гречишников, А.Г. Схиртладзе, В.И. Кокарев. – М.: Машиностроение, 2005. – 336 с.

3. Кирсанов С.В. Проектирование самоустанавливающейся технологической оснастки // Вестник машиностроения. – 1994. – №5. – С. 8–11.

4. Кирсанов С.В. Пути повышения точности обработки отверстий мерными инструментами // Машиностроительное производство. – Вып. №2. – М.: ВНИИТЭМР, 1992. – 48 с.

5. Кирсанов С.В. Влияние способа закрепления расточного блока на точность формы обработанных отверстий // Вестник машиностроения. – 1999. – №10. – С. 32–34.

6. Подураев В.Г. Татаринов А.С. Прогрессивный инструмент для обработки отверстий. – М.: Машиностроение, 1986. – 56 с.

References

1. Lepihov V.G. Samoustanavlivajuwiesjainstrumenty. M.: Mashinostroenie, 1974. – 80 p.

2. Kirsanov S.V., Grechishnikov V.A., Shirtladze A.G., Kokarev V.I. Instrumenty dlja obrabotki tochnyh otverstij. M.: Mashinostroenie, 2005. 336 p.

3. Kirsanov S.V. Proektirovanie samoustanavlivajuwejsja tehnologicheskoj osnastki // Vestnik mashinostroenija, 1994. no.5. pp. 8–11.

4. Kirsanov S.V. Puti povyshenija tochnosti obrabotki otverstij mernymi instrumentami // Mashinostroitel'noe proizvodstvo. Vyp. no. 2. M.: VNIITJeMR, 1992. 48 p.

5. Kirsanov. S.V. Vlijanie sposoba zakreplenija rastochnogo bloka na tochnost' formy obrabotannyh otverstij // Vestnikmashinostroenija. 1999. no. 10. pp. 32-34.

6. Poduraev V.G. Tatarinov A.S. Progressivnyj instrument dljaobrabotkiotverstij. M.: Mashinostroenie, 1986. 56 p.

Рецензенты:

Кенжин Б.М., д.т.н., профессор, директор ТОО «Карагандинский машиностроительный консорциум», г. Караганда;

Тутанов С.К., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Высшая математика» Карагандинского государственного технического университета, г. Караганда.

Работа поступила в редакцию 30.04.2012.