

Т.Г. Джугурян, д-р техн. наук, А.М. Голобородько,  
Л.М. Перпери, канд. техн. наук, Одесса, Украина

## **ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ОБРАБОТКИ КОНИЧЕСКИХ ОТВЕРСТИЙ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗКИ НА РАБОЧИХ ЭЛЕМЕНТАХ ОДНОЛЕЗВИЙНОЙ РАЗВЕРТКИ**

*У статті розглянуто вплив нерівномірності розподілу припуску на стабільність положення інструменту та навантаження робочих елементів однолезвійної розвертки.*

*В статье рассмотрено влияние неравномерности распределения припуска на стабильность положения инструмента и нагрузки рабочих элементов однолезвийной развертки.*

*T.G. DZHUGURJAN, A.M. GOLOBOROD'KO, L.M. PERPERI  
INFLUENCE OF CONIC APERTURES PROCESSING CONDITIONS ON DISTRIBUTION OF  
LOADING ON WORKING ELEMENTS OF SINGLE-CUTTER REAMER*

*In article it is considered influence of non-uniformity of distribution of an allowance on stability of position of the tool and loading of working elements single-cutter reamers.*

Одним из наиболее прогрессивных методов обработки конических отверстий является использование инструмента одностороннего резания, содержащего широкое лезвие и два направляющих элемента [1, 2].

Однолезвийные развертки трудоемки в использовании, однако высокая первоначальная стоимость инструмента окупается его уникальными эксплуатационными свойствами (корпус развертки выдерживает более 20 периодов стойкости режущих пластин) [2].

Одной из существенных проблем в обеспечении точности при обработке конических отверстий, является проблема, связанная с неравномерностью припуска, возникающего вследствие неравномерности износа инструмента предварительной операции и погрешности установки заготовки в приспособлении. Из-за неравномерности припуска изменяется силовое поле, действующее на инструмент. В результате таких изменений возможно возникновение ситуации, при которой инструмент теряет стабильность положения, что приводит к снижению точности готовой продукции. Стабильное положение инструмента в процессе обработки возможно только при постоянном контакте направляющих элементов с поверхностью обрабатываемого отверстия [3]. Эти вопросы недостаточно рассмотрены в литературе. Поэтому вопрос обеспечения заданной точности при обработке конических отверстий ответственных деталей является актуальным.

Целью работы является обеспечение стабильности положения инструмента в процессе развертывания конических отверстий инструментами одностороннего резания.

Для поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- рассмотреть возможные случаи распределения припуска и определить для них математические модели силового поля, действующего на инструмент;
- рассмотреть, с учетом действующего силового поля, стабильность положения инструмента при различном распределении припуска;
- дать рекомендации для обеспечения стабильности (точности) положения инструмента.

Конструкция однолезвийной развертки представлена на рис. 1. Инструмент состоит из хвостовой части 1 и рабочей части 2. В корпусе рабочей части развертки планками 5 и винтами 6 закрепляют рабочий элемент (неперетачиваемую твердосплавную пластину), который имеет возможность перемещаться в радиальном направлении, фиксированное положение пластины обеспечивают винты 7 и клинья 8. В корпусе также размещены направляющие элементы 3 и 4, расположенные под разными углами относительно рабочего элемента таким образом, чтобы одна направляющая была диаметрально противоположна ему под углом  $\varphi_0$ . Рабочий элемент должен быть смещен в направлении рабочей подачи  $s$  относительно направляющих элементов на величину  $l_c$ .

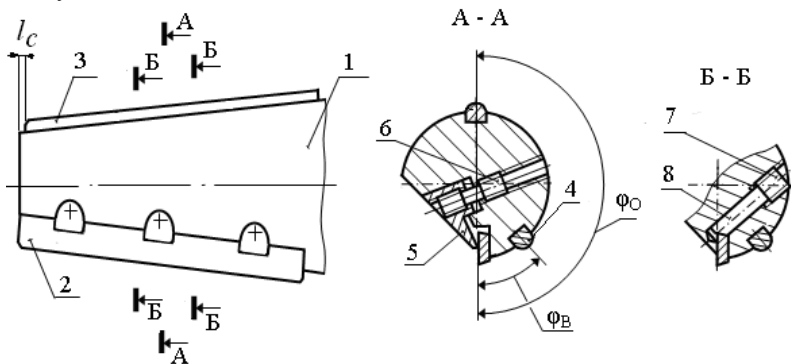


Рисунок 1 – Конструкция однолезвийной развертки со сменной твердосплавной пластиной фирмы Maral

Так как в инструменте сочетаются режуще-выглаживающие действия, то рассмотрим взаимодействие инструмента с обрабатываемым отверстием. Обработка конических отверстий осуществляется в условиях с начальной погрешностью, связанной с износом инструмента предварительной операции. Рассмотрим условия обработки отверстий с начальной погрешностью при неравномерно распределенной величине припуска вдоль конической образующей отверстия (рис. 2). Возможны два варианта распределения припуска: 1) припуск  $Z_r$  на меньшем диаметре больше чем на большем диаметре  $Z_R$  конического отверстия (рис. 2, а); 2) припуск на большем диаметре  $Z_R$  больше, чем на меньшем диаметре  $Z_r$  (рис. 2, б). На режущий элемент при равномер-

ном распределении припуска вдоль конической образующей будет действовать радиальная составляющая силы резания, приложенная на среднем диаметре рабочего элемента, т.е. перпендикулярно к конической образующей.

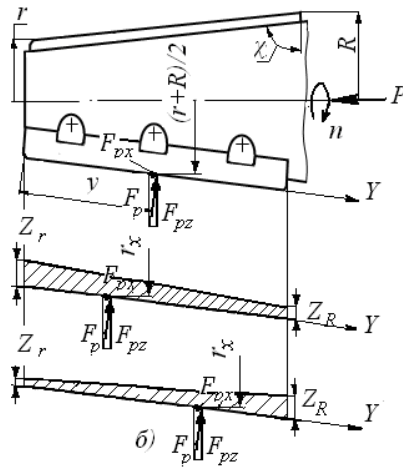


Рисунок 2 – Схема сил, действующих на режущий элемент в процессе обработки в условиях неравномерно распределенного припуска

В условиях неравномерного распределения припуска результирующая сила резания будет смещена в сторону величины большего припуска.

Для определения стабильности положения инструмента в процессе обработки, необходимо определить силы, действующие на инструмент.

Силовое поле, действующее на инструмент, сводится к нахождению сил, которые воспринимают его рабочие элементы в процессе обработки.

Так как рассматриваемая однолезвийная развертка является инструментом одностороннего резания, то силы определяют, используя систему статического равновесия инструмента. В первом случае (рис. 2, а) сила на режущем элементе будет стремиться оторвать направляющие элементы от обрабатываемой поверхности отверстия. Во втором случае (рис. 2, б) – прижать направляющие элементы к обрабатываемой поверхности. Для того, чтобы оценить точность формы и расположения конического отверстия на основе статических показателей рассмотрим статическое равновесие однолезвийной развертки:

$$\begin{aligned}
 & F_{Pz} \times \sin(\theta) + F_{Bz1} \times \sin \theta \times (\cos n_B - \mu_n \sin n_B) + \\
 & + F_{Oz2} \times \sin \theta \times (\cos n_O - \mu_n \sin n_O) = 0 \quad , \\
 & - \mu_p F_{Pz} \times \cos(\theta) - F_{Bz1} \times \cos \theta \times (\sin n_B + \mu_n \cos n_B) - \\
 & - F_{Oz2} \times \cos \theta \times (\sin n_O + \mu_n \cos n_O) = 0
 \end{aligned}$$

где  $F_{Pz}$  – радиальная составляющая силы, действующая на режущий элемент 2 в процессе обработки, Н;  $F_{Bz1}, F_{Oz2}$  – радиальные составляющие сил, действующих на направляющие элементы 4, 3 (рис. 1) в процессе обработки, Н;  $\varphi_B, \varphi_O$  – углы разворота между режущим элементом 2 и направляющими элементами 4, 3 соответственно;  $\mu_P$  – коэффициент трения между режущим элементом и поверхностью отверстия;  $\mu_n$  – коэффициент трения между направляющими элементами 4, 3 и поверхностью отверстия;

Решив систему уравнений статического равновесия инструмента, можно получить зависимости для определения значений составляющих сил  $F_{Pz}, F_{Bz1}, F_{Oz2}$ , действующих на рабочие элементы однолезвийной развертки, необходимые для определения коэффициентов стабильности положения инструмента. Необходимым условием для обеспечения точности обработки является:

$$\eta_i = \frac{\sum_{i=1}^m M_C}{\sum_{i=1}^m M_D}$$

где  $\eta_i$  – коэффициент стабильности положения  $i$ -направляющего элемента;

$\sum_{i=1}^m M_C, \sum_{i=1}^m M_D$  – суммы стабилизирующих и дестабилизирующих моментов сил, которые стремятся прижать или оторвать от поверхности отверстия, соответственно,  $i$ -направляющий элемент.

Проведенные исследования позволили установить, что при расположении припуска, как в первом рассматриваемом случае, снижается точность обрабатываемого отверстия на 15 %. Поэтому для обеспечения гарантированной величины неравномерного распределения припуска, при профилировании инструмента предварительной обработки (зенкера), необходимо уменьшить величину допуска на большем диаметре. В процессе предварительной обработки конических отверстий на рабочих поверхностях зенкера будет происходить износ в большей степени на большем диаметре, т.к. путь резания на этом участке больше. Для обеспечения точности отверстия и стабильности положения инструмента в процессе обработки, необходимо учитывать эти погрешности.

**Список использованных источников:** 1. Интернет-ресурс: [www.mapal.com](http://www.mapal.com). 2. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / [под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова]. – М.: Машиностроение, 1986. – 475 с. – Т. 2. (4-е изд., перераб. и доп.). 3. Джугурян Т.Г. Комбинированная обработка точных координированных отверстий. – Одесса: АО БАХВА, 2003. – 108 с.

*Поступила в редакцию 14.06.2011*

**Bibliography (transliterated):** Internet-resurs: [www.mapal.com](http://www.mapal.com). 2. Spravochnik tehnologa-mashinostroitelja: v 2 t. / [pod red. A.G. Kosilovoj, R.K. Mewerjakova]. – M.: Mashinostroenie, 1986. – 475 s. – T. 2. (4-e izd., pererab. i dop.). 3. Dzhugurjan T.G. Kombinirovannaja obrabotka tochnyh koordinirovannyh otverstij. – Odessa: AO BANVA, 2003. – 108 s.