

# ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЧИСТОВОЙ ОБРАБОТКИ ГЛУБОКИХ ОТВЕРСТИЙ

*С.В. КОПЕЙКИН, начальник  
производственно-технической службы  
по новой технике*

*П.А. ПИЛИПЕНКО, ведущий специалист  
производственно-технической службы  
по новой технике*

*А.Р. ИНГЕМАНССОН, канд. техн. наук,  
ведущий специалист отдела главного технолога  
(ОАО «ПО «Баррикады», г. Волгоград)*

Поступила 7 апреля 2014

Рецензирование 15 мая 2014

Принята к печати 17 мая 2014

**Ингеманссон А.Р.** – 400071, г. Волгоград, пр. Ленина, 71,  
ОАО «ПО «Баррикады», e-mail: [ingemanssonar@barricady.ru](mailto:ingemanssonar@barricady.ru)

Обработка глубоких отверстий традиционно связана с трудностями обеспечения работоспособности режущего инструмента и качества получаемых поверхностей. Износ головок для глубокого сверления обуславливает получение отверстий с отклонением геометрических размеров и формы от технических условий на изготовление деталей. Для решения представленной проблемы в статье предлагается выполнять чистовую обработку глубоких отверстий с использованием разверток из быстрорежущей стали, специально доработанных для применения на станке для глубокого сверления и упрочненных твердым сплавом. Упрочнение производится методом электроискрового легирования на портативной промышленной установке. Для повышения эффективности процесса развертывания предложено поочередное комбинирование упрочненных и неупрочненных зубьев развертки. Производственные испытания показали увеличение работоспособности упрочненных разверток при обработке глубоких отверстий.

**Ключевые слова:** глубокое сверление, развертка, электроискровое легирование, работоспособность инструмента.

## Введение

Обработка глубоких отверстий (отношение длины  $L$  обрабатываемого отверстия к его диаметру  $d_0$  соответствует  $L/d_0 > 5$ ) традиционно связана с трудностями обеспечения работоспособности режущего инструмента и качества получаемых поверхностей [1, 2]. Нередко при сверлении глубоких отверстий необходима чистовая (окончательная) обработка, что определяется техническими условиями на изготовление деталей и в некоторых случаях износом сверлильных головок. Особые требования предъявляются к работоспособности инструмента, в

частности, головок для глубокого сверления при изготовлении деталей из труднообрабатываемых сталей [3].

Применяемые на производстве головки для глубокого сверления имеют низкую стойкость как режущих, так и направляющих пластин, обусловленную физико-механическими свойствами обрабатываемых материалов – конструкционных высоколегированных сталей после различных стадий термообработки. Нередко на практике возникает проблема, заключающаяся в размерном износе сверлильной головки при обработке глубокого отверстия. Результатом износа является получение отверстий с отклонением

геометрических размеров и формы (конусность) от требований, заданных техническими условиями на изготовление деталей. Для решения представленной проблемы при чистовой обработке глубоких отверстий предлагается использование разверток из быстрорежущей стали с доработкой для применения на станке глубокого сверления и упрочненных твердым сплавом. Развертка улучшает шероховатость и точность отверстия после предшествующей обработки. Однако большой путь резания, приходящийся на режущую кромку при обработке глубоких отверстий, обуславливает интенсивное изнашивание инструмента при обработке партии деталей.

Для повышения работоспособности разверток при обработке глубоких отверстий предлагается использование электроискрового легирования режущих зубьев инструмента. Метод электроискрового легирования, заключающийся в нанесении на режущие кромки стального инструмента слоя карбидных частиц, позволяет увеличить стойкость инструмента при сохранении высокого сопротивления ударной нагрузке. Данный метод упрочнения в настоящее время наиболее доступен для предприятий машиностроительной отрасли, так как не требует сложного дорогостоящего оборудования, прост в наладке и эксплуатации, отличается безопасностью процесса и поддается автоматизации [4].

Основными областями применения технологии электроискрового легирования являются: повышение стойкости металлорежущего и деревообрабатывающего инструмента; повышение долговечности прессовой и штамповой оснастки, литейной оснастки; нанесение упрочняющего слоя на поверхности трения деталей машин [5, 6].

Метод электроискрового легирования основан на переносе материала электрода-анода на электрод-катод при электроискровом разряде в газовой среде. В процессе электроискрового упрочнения возникает периодический электрический разряд, сопровождающийся мгновенным освобождением электрической энергии, резким повышением температуры искры и ионизацией межэлектронного пространства, в результате чего расплавляются границы зерен вокруг карбидных частиц электродного материала. Данные частицы под действием электродвижущих сил перемещаются с большой скоростью к поверхности обрабатываемого материала и внедряются в него, образуя износостойкое покрытие [7, 8, 9].

Таким образом, целью работы является повышение эффективности чистовой обработки глубоких отверстий. Достижение поставленной цели планируется за счет использования специально доработанных разверток, режущие зубья которых упрочнены методом электроискрового легирования.

### Методика экспериментального исследования

Для чистовой обработки глубоких отверстий были применены нормализованные развертки (рис. 1) со следующими характеристиками: количество зубьев – 8; наклон зубьев – левый; материал рабочей части – быстрорежущая сталь Р6М5 [10]. С целью повышения износостойкости развертки и гарантированного выполнения технических условий на изготовление деталей с глубиной обработки отверстия более 900 мм на режущие зубья инструмента нанесен твердый сплав марки Т15К6 [11, 12]. Упрочнение осуществлялось на портативной промышленной электроискровой установке ЭИУ-1 [13] на следующих режимах: рабочее напряжение – 20 В, сила тока – 1 А. Толщина нанесенного слоя составила 0,005 мм. Твердый сплав наносился через один зуб развертки, т. е. было получено 4 упрочненных зуба и 4 необработанных.

Для возможности выполнения глубокого сверления крепежный хвостовик с конусом Морзе заменен на резьбовое соединение для закрепления в стебле. Также для этой цели вдоль оси развертки сверлом А3399ХРЛ-9 с покрытием «Titex» (фирма «Walter», Германия) просверлено сквозное отверстие для отвода СОЖ при обработке по одноштанговой системе (STS-Single Tube System [14]) (рис. 2).

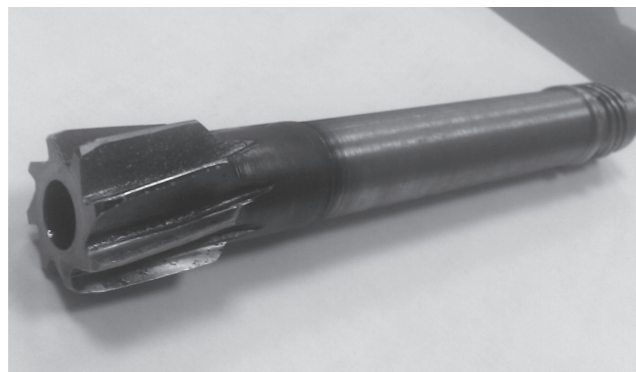
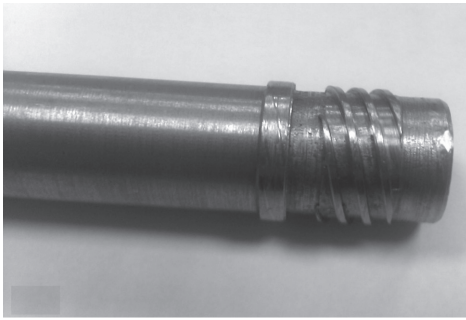
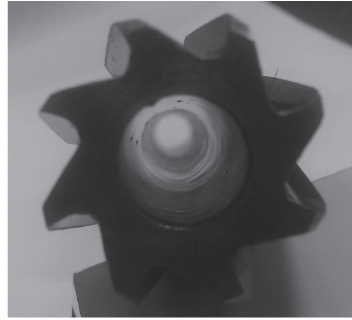


Рис. 1. Развертка, использовавшаяся при обработке глубокого отверстия



а



б

Рис. 2. Доработка развертки для возможности использования на станке для глубокого сверления:

а – хвостовик с резьбовым соединением для крепления в сверлильном стебле; б – сквозное отверстие для отвода СОЖ

Обработка деталей выполнялась на станке для глубокого сверления модели «ОС 4816» с использованием СОЖ МР-7, ТУ 0253-016-70351853–2008. Обрабатываемое отверстие: диаметр  $d_0 = 22\text{H}10^{(+0,084)}$ , длина  $l = 915$  мм;  $l/d_0 = 41,6$ . Тип отверстия: сквозное. Требуемая шероховатость поверхности обработанного отверстия – Ra 2,5. Обрабатываемый материал: конструкционная высоколегированная сталь 34ХН1М (HRC 30,8). Режимы резания: частота вращения инструмента  $n = 170$  об/мин; минутная подача  $s = 100$  мм/мин; глубина резания  $t = 0,25$  мм. Объем партии – 14 деталей.

### Результаты и обсуждение

После обработки всей партии деталей средний износ по задней поверхности зубьев составил  $h_3 = 0,25$  мм. Обработанные отверстия всей партии деталей (14 штук) соответствовали техническим условиям на изготовление по точности размера, точности формы и величине шероховатости поверхности ( $d_0 = 22\text{H}10^{(+0,084)}$ ; Ra 2,5).

Совокупный эффект повышения работоспособности инструмента и обеспечения заданных параметров шероховатости обработанной поверхности был получен за счет нанесения твердого сплава через один зуб развертки. Данное решение обусловлено тем, что лезвия твердосплавного инструмента имеют менее острую геометрию заточки, чем инструмент из быстрорежущей стали. Поэтому после прохода упрочненного зуба материал обработанной поверхности упруго восстанавливается на величину, удаляемую вступающим следом в работу неупрочненным зубом из быстрорежущей ста-

ли. Таким образом, упрочненные зубья развертки обеспечивают повышение работоспособности инструмента, а неупрочненные – получение требуемой микрогеометрии обработанной поверхности.

Высокая эффективность использования упрочненных разверток обусловлена также следующим фактором. Более высокая упругая вязкость быстрорежущих сталей является преимуществом по сравнению с применением твердого сплава при производстве инструментов. Однако инструментальные стали отличает меньшая

износостойкость. Электроискровое легирование режущего инструмента позволяет совместить преимущества высокой упругой вязкости быстрорежущих сталей с износостойкостью твердых сплавов. Лезвия инструментов из быстрорежущей стали традиционно имеют твердость HRC 63...66. Поверхностная твердость соединения, полученного электроискровым легированием, по данным [7, 15], достигает HRC 72...80.

Использование электроискрового легирования зубьев развертки позволило существенно повысить производительность обработки. Согласно рекомендациям [16] для описанных в статье условий и режимов обработки расчетная скорость резания при развертывании должна составлять 8,6 м/мин. Согласно экспериментальным данным, приведенным в статье, скорость резания при использовании упрочненной развертки составляла 11,7 м/мин. Таким образом, было достигнуто повышение скорости резания на 36 %.

### Выводы

Использование разверток, режущие зубья которых упрочнены методом электроискрового легирования, является способом повышения эффективности чистовой обработки глубоких отверстий. Повышение эффективности процесса реализуется в следующих направлениях:

- специальная доработка позволяет использовать развертки для выполнения чистовых операций на станках для глубокого сверления;
- электроискровое легирование зубьев быстрорежущих разверток позволяет повысить рекомендуемые значения скорости резания;

– способ нанесения твердого сплава через один зуб развертки позволяет совместить повышение работоспособности инструмента с обеспечением заданного качества обработанного глубокого отверстия.

### Список литературы

1. *Обработка* глубоких отверстий / Н.Ф. Уткин [и др.]; под ред. Н.Ф. Уткина. – Л.: Машиностроение, 1988. – 269 с.
2. *Троицкий Н.Д.* Глубокое сверление / Н.Д. Троицкий. – Л.: Машиностроение, 1971. – 176 с.
3. *Шерстобитов Г.А.* Пути улучшения конструкции спиральных сверл для обработки глубоких отверстий в нержавеющей сталях / Г.А. Шерстобитов. – М.: Изд-во ЦНИИ ИТЭИ, 1987. – 35 с.
4. *Лазерное* и электроискровое упрочнение материалов / В.С. Коваленко [и др.]. – М.: Наука, 1986. – 276 с.
5. *Жигалко Н.И.* Проектирование и производство режущих инструментов / Н.И. Жигалко, В.В. Киселев; под ред. П.И. Ящерицына. – Минск: Вышэйш. школа, 1969. – 280 с.
6. *Логинов Н.Ю.* Увеличение ресурса режущего инструмента методом электроискрового легирования: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.08 / Н.Ю. Логинов. – Тольятти, 2005. – 140 с.
7. *Чехмахчев Л.Х.* Отдельные вопросы оптимизации нанесения износостойких покрытий на режущий инструмент / Л.Х. Чехмахчев, В.А. Герштейн, Ю.Ю. Юрасов // Повышение стойкости металлорежущего инструмента: Материалы межотраслевых н.-т. конференций, совещаний, семинаров и выставок. – ВИМИ. – 1981. – С. 4–12.

8. *Верхотуров А.Д.* Обобщенная модель процесса электроискрового легирования / А.Д. Верхотуров // Электрофизические и электрохимические методы обработки. – 1983. – № 1. – С. 3–6.

9. *Мулин Ю.И.* Феноменологическое описание закономерностей формирования поверхностного слоя при электроискровом легировании / Ю.И. Мулин, В.В. Гостищев, Д.В. Ярков // Физика и химия обработки материалов. – 2000. – № 3. – С. 50–56.

10. *Прогрессивные* режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник / В.И. Баранчиков [и др.]; под общ. ред. В.И. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1990. – 400 с.

11. *Тимошенко В.А.* Избирательное нанесение покрытий на режущий инструмент / В.А. Тимошенко, Е.В. Голдыш, А.В. Тимошенко // СТИН. – 1995. – № 11. – С. 20–22.

12. *Электроодные* материалы для электроискрового легирования / А.Д. Верхотуров [и др.]. – М.: Наука, 1988. – 224 с.

13. А. с. № 837715 СССР, МПК В 23 Р 1/18. Устройство для электроискрового упрочнения / С.В. Копейкин, В.К. Шаповал. – 1992, Бюл. № 40.

14. Sandvik Coromant. Глубокое сверление: Каталог продукции. – Швеция: Sandvik Coromant, 2008. – 162 с.

15. *Тополянский П.А.* Опыт нанесения электроискровых покрытий на режущий инструмент и штамповую оснастку / П.А. Тополянский // Металлообработка. – 2004. – № 6. – С. 37–40.

16. *Справочник* технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2. / А.М. Дальский [и др.]; под ред. А.М. Дальского [и др.]. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение-1, 2001. – 942 с.

## OBRAVOTKA METALLOV

(METAL WORKING AND MATERIAL SCIENCE)

N 2(63), April – June 2014, Pages 78–82

### Improving the efficiency of deep hole finish machining

**Kopeikin S.V.**, Head of Production and Technical Services for New Technology

**Pilipenko P.A.**, Advanced Engineer Production and Technical Services for New Technology

**Ingemansson A.R.**, Ph.D. (Engineering), Advanced Engineer of the Chief Technologist, e-mail: ingemanssonar@barricady.ru

Publicly Traded Company “Production Association “Barricades”, 71 Lenina avenue, Volgograd, 400071, Russian Federation

#### Abstract

Machining of the deep holes is traditionally associated with the difficulties of the cutting tools performance assurance and quality of the machined surface. Wear of the deep holes drilling heads is responsible for dependence between getting holes with deviation dimensions and shape and the technical conditions for the production of parts.

To solve this problem it is suggested to make finish machining of deep holes with application of the high-speed steel reamers, hardened by carbides, and having special construction for application on the deep hole drilling machine. The hardening process is realized by electro-spark treatment with the portable industrial device. To improve the efficiency of the reaming process, the combination of hardened and non-hardened reamer teeth is suggested. Field tests showed an improved the efficiency of hardened reamers working performance at deep hole machining operations.

### Keywords:

deep hole drilling, reamer, electro-spark treatment, tools working performance.

### References

1. Utkin N.F. Kizhniaev Iu.I., Pluzhnikov S.K., Shamanin A.A., Drozdov F.M., Nemtsev B.A., Bychkov N.A., Borzov V.F. *Obrabotka glubokikh otverstii* [Treatment of of deep holes]. Leningrad, Mashinostroenie Publ., 1988. 269 p.
2. Troitskii N.D. *Glubokoe sverlenie* [Deep-hole drilling]. Leningrad, Mashinostroenie Publ., 1971. 176 p.
3. Sherstobitov G.A. *Puti uluchsheniia konstruktsii spiral'nykh sverl dlia obrabotki glubokikh otverstii v nerzhaveiushchikh staliakh* [Ways to improve the design of twist drills for deep holes in stainless steels]. Moscow, TsNII ITEI Publ., 1987. 35 p.
4. Kovalenko V.S., Verkhoturov A.D., Golovko L.F., Podcherniaeva I.A. *Lazernoe i elektroerozionnoe uprochnenie materialov* [Laser and electrodischarge hardening materials]. Moscow, Nauka Publ., 1986. 276 p.
5. Zhigalko N.I., Kiselev V.V. *Proektirovanie i proizvodstvo rezhushchikh instrumentov* [Design and manufacture of cutting tools]. Minsk, Vysshaia shkola Publ., 1969. 280 p.
6. Loginov N.Yu. *Uvelichenie resursa rezhushchego instrumenta metodom elektroiskrovogo legirovaniia*. Diss. kand. tekhn. nauk [Increased resource cutter by electric spark alloying. Dr. tech. sci. diss.]. Togliatti, 2005. 140 p.
7. Chekhmakhchev L.Kh., Gershtein V.A., Iurasov Yu.Yu. [Single questions of optimization of wear-resistant coatings on cutting tools]. *Povyshenie stoikosti metallorazhushchego instrumenta: Materialy mezhotraslevykh nauchno-tekhnicheskikh konferentsii, soveshchani, seminarov i vystavok* [Materials of interbranch scientific and technical conferences, meetings, seminars and exhibitions "Increasing resistance of cutting tools"]. Moscow, VIMI, 1981, pp. 4-12. (In Russian).
8. Verkhoturov A.D. *Obobshchennaia model' protsessa elektroiskrovogo legirovaniia*. [Generalized model of electric spark alloying]. *Elektrofizicheskie i elektrokhimicheskie metody obrabotki – Electrophysical and electrochemical processing methods*, 1983, no. 1, pp. 3–6.
9. Mulin Yu.I., Klimova L.A., Yarkov D.V. *Fenomenologicheskoe opisaniie zakononernostei formirovaniia poverkhnostnogo sloia pri elektroiskrovom legirovanii* [Phenomenological description of regularities of surface layers formation under electric-spark alloying]. *Fizika i Khimiya Obrabotki Materialov – Inorganic Materials: Applied Research*, 2000, no. 3, pp. 50–56.
10. Baranchikov V.I., Zharinov A.V., Iudina N.D., Sadykhov A.I. *Progressivnye rezhushchie instrumenty i rezhimy rezaniia metallov: Spravochnik* [Advanced cutting tools and cutting metals: Handbook]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1990. 400 p.
11. Timoshenko V.A., Goldysh E.V., Timoshenko A.V. *Izbitatel'noe nanosenie pokrytii na rezhushchii instrument* [Selective coating of cutting tool]. *STIN - Russian Engineering Research*, 1995, no. 11, pp. 20–22.
12. Verkhoturov A.D., Podcherniaeva I.A., Priadko L.F., Egorov F.F. *Elektrodnye materialy dlia elektroiskrovogo legirovaniia* [Electrode materials for electric-spark alloying]. Moscow, Nauka Publ., 1988. 224 p.
13. Kopeikin S.V., Shapoval V.K. *Ustroistvo dlia elektroiskrovogo uprochneniia* [Device for electric-spark hardening]. Author's Certificate USSR, no. 837715, IPC B 23 P 1/18, 1992.
14. Deep hole drilling. Product catalogue and application guide. Sandvik Coromant. 2008. 162 p. (In Sweden).
15. Topolianskii P.A. *Opyt nanoseniia elektroiskrovoykh pokrytii na rezhushchii instrument i shtampovuiu osnastku* [Electric-spark coating of cutting tools and stamp parts]. *Metalloobrabotka – Metal processing*, 2004, no. 6, pp. 37–40.
16. Dal'skii A.M., Suslov A.G., Kosilova A.G., Meshcheriakov R.K. et al. *Spravochnik tekhnologa-mashinostroitelia. V 2-kh t. T. 2*. [The Handbook of Technologist-Machine Engineer. In 2 Volumes, Vol. 2]. 5<sup>th</sup> ed. Moscow, Mashinostroenie-1 Publ., 2001. 942 p.

Received 7 April 2014

Revised 15 May 2014

Accepted 17 May 2014