

Технологические возможности развертывания отверстий с опережающим пластическим деформированием

06, июнь 2013

DOI: 10.7463/0613.0567522

Ярославцев В. М.

УДК 621.91.01: 621.951.7

Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

mt13@bmstu.ru

Одним из эффективных средств повышения обрабатываемости материалов резанием является применение метода обработки с опережающим пластическим деформированием (ОПД) [1, 2 и др.]. Сущность метода ОПД заключается в целенаправленном изменении физико-механических свойств материала срезаемого слоя за счет деформационного упрочнения, осуществляемого в процессе резания дополнительным механическим источником энергии. В качестве дополнительного источника механического воздействия на обрабатываемый материал применяют методы поверхностного пластического деформирования – обкатывание (раскатывание) роликом, выглаживание, центробежную обработку роликами, чеканку, калибрование (деформирующее протягивание). При оптимальных условиях деформирования материала срезаемого слоя (глубине и степени наклепа, благоприятном распределении наклепа по толщине срезаемого слоя [3]) метод обеспечивает повышение обрабатываемости материала по ряду технологических показателей, таких как увеличение периода стойкости инструмента и производительности процесса резания, снижение шероховатости обработанной поверхности, повышение служебных характеристик изделия и других [2].

В статье приводятся особенности реализации процесса резания с ОПД при развертывании отверстий, а также результаты исследования комбинированного воздействия на материал срезаемого слоя на данной технологической операции.

В рассматриваемом случае необходимый режим предварительного пластического деформирования материала срезаемого слоя [2, 3] обеспечивается непосредственно в процессе обработки за счет специальной конструкции режущего инструмента, имеющего специфическое конструктивное исполнение его режущей части.

Рабочая часть инструмента для развертывания с ОПД показана на рис. 1. Особенностью конструкции развертки является конический участок 2 с углом φ , выполняющий роль деформирующего элемента. Зубья на этом участке не затылованы и представляет собой расположенные в осевом направлении упрочняющие ленточки, острые кромки которых для исключения ими процесса резания округлены до $r = 0,2\text{--}0,3$ мм (см. рис. 1).

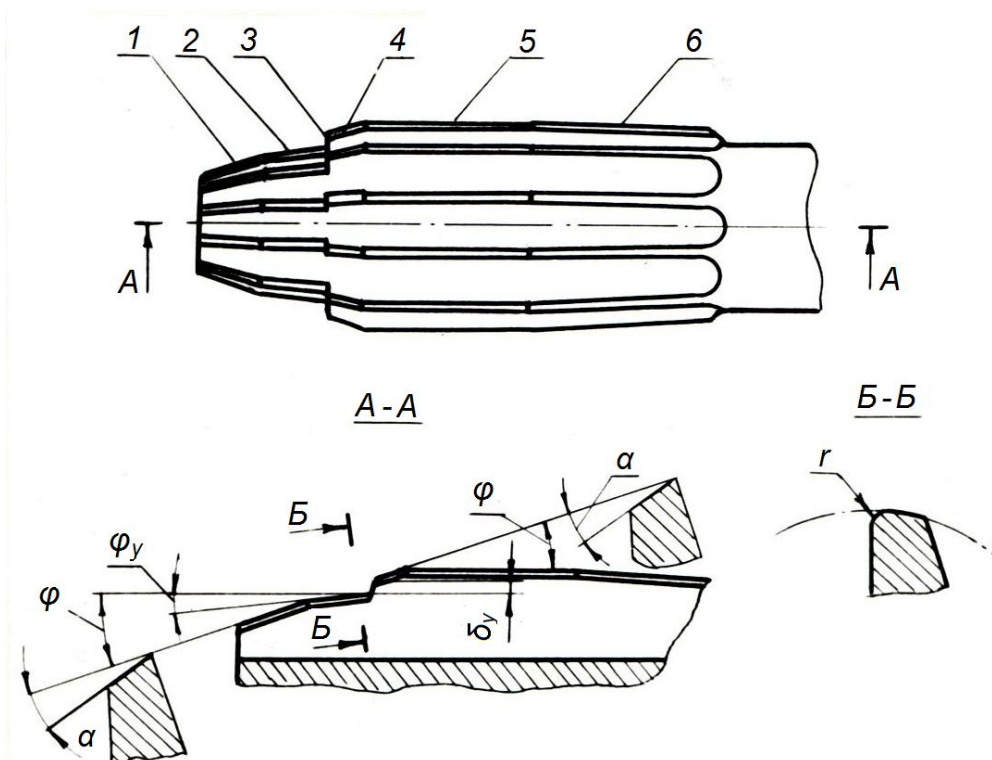


Рис. 1. Конструкция режущей части развертки для резания с ОПД

Работа развертки осуществляется следующим образом. Режущие кромки на участке 1, расположенные под углом φ к оси инструмента, удаляют основную часть припуска как при обычном резании. Конический участок 2 в процессе вращения и осевого перемещения инструмента пластически деформирует (упрочняет) находящийся в контакте слой материала (рис. 2). Участки 3 и 4 окончательно формируют поверхность отверстия, удаляя тонкий слой металла с измененными физико-механическими свойствами. Работа калибрующей цилиндрической части 5 и обратного конуса 6 развертки не отличается от работы соответствующих участков стандартных разверток [4]. Регулирование степени предварительной деформации материала, удаляемого участками 3, 4 и 5 режущей части инструмента, достигается изменением угла φ_y и длины l_y конического участка 2, которые определяют величину радиального натяга δ_n (см. рис. 2) и соответствующее распределение интенсивности удельной линейной нагрузки q (Н/м), действующей на материал срезаемого слоя при развертывании. Необходимые геометрические параметры участка 2 режущей части разверток выполнены переточкой стандартных разверток (ГОСТ 7722-77) на резьбошлифовальном станке модели 5822.

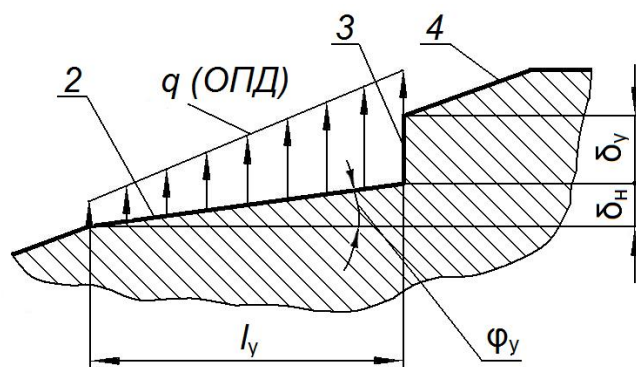


Рис. 2. Схема нагружения (ОПД) материала срезаемого слоя

Экспериментальные исследования процесса развертывания с ОПД выполняли на станках мод. 1И611П и 1К62. Обрабатывали отверстия диаметром 18, 24 и 26 мм в цилиндрических образцах длиной 40 мм из сталей 20Х13, 12Х18Н10Т, 10Х12Н22ТЗМР (ЭП33) и латуни Л63. Для осуществления механической подачи инструмент закреплялся в специальной державке, установленной на суппорте станка. Опыты проводились при следующих режимах обработки: скорость резания $v = 0,1\text{--}0,15$ м/с, подача $S = 0,1$ мм/зуб, глубина резания $t_p = 0,2\text{--}1,0$ мм, СОЖ – 5%-ная эмульсия НГЛ-205 (ТУ 0258-107-00148843-2005).

Основным технологическим параметром, определяющим эффективность применения ОПД при развертывании, является радиальный натяг δ_n (см. рис. 2) на участке 2 режущей части развертки, равный $\delta_n = 0,5(d_{\max} - d_{\min})$, где $d_{\max}$ и $d_{\min}$ – соответственно максимальный и минимальный диаметры инструмента на длине l_y конического деформирующего участка, выполненного под углом ϕ_y к оси развертки. От величины натяга зависят степень предварительной пластической деформации, ее распределение в зоне стружкообразования и технологический эффект, непосредственно связанный с изменением физико-механических свойств материала срезаемого слоя.

Натяг задают с учетом величины уступа δ_y и толщины слоя металла, удаляемого режущими лезвиями на участке 4 инструмента. Распределение удельной контактной нагрузки q (Н/мм) на обрабатываемый материал в результате воздействия упрочняющей части 2 развертки показано на рис. 2. Обычно величину натяга выбирают экспериментально. Опытным путем установлено, что величина натяга, обеспечивающая эффект ОПД на рассматриваемой технологической операции, составляет для жестких заготовок (отношение толщины стенки к радиусу отверстия $h/r > 0,5$) $\delta_n \sim 0,04\text{--}0,3$ мм. При $\delta_n > 0,65$ мм может проявляться явление перенаклепа деформируемого материала: появляются многочисленные микротрещины, происходит отслаивание частичек металла (шелушение). В результате после обработки отверстий с ОПД существенно снижаются качество обработанной поверхности и эксплуатационные свойства изделия.

Натяг δ_n , длина конического участка l_y и угол наклона ϕ_y деформирующих лезвий инструмента геометрически связаны между собой (рис. 3). На рис. 3 штриховкой выделена наиболее вероятная область назначаемых при отработке процесса развертывания с ОПД геометрических параметров деформирующего участка инструмента: $\phi_y = 20'\text{--}4^\circ$; $l_y = 3\text{--}15$ мм. Увеличение угла $\phi_y > 4\text{--}5^\circ$ приводит к значительному росту осевой составляющей силы резания вдоль геометрической оси инструмента, что при

определенных условиях обработки может вызывать увод инструмента и искривление оси отверстия.

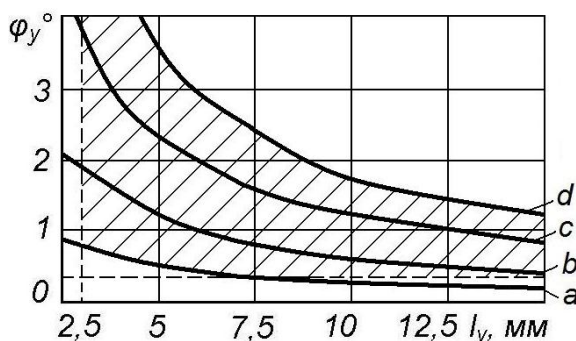


Рис. 3. Взаимозависимость угла уклона φ_y и длина l_y упрочняющего участка 2 развертки при разных значениях величины натяга δ_n :
 $a - 0,04$ мм; $b - 0,1$ мм; $c - 0,2$ мм; $d - 0,3$ мм

Эффективность метода развертывания с ОПД оценивали по изменению качества обработанных отверстий и технологической стойкости инструмента. Замеры шероховатости поверхности производили на профилографе-профилометре «Калибр-201», микротвердости – на приборе «ПМТ-3».

Как видно из рис. 4, при развертывании с ОПД исследованных материалов параметр Ra шероховатости поверхности отверстий на 1,5-2 класса выше, чем при обработке обычными развертками той же конструкции (геометрии) без деформирующего участка.

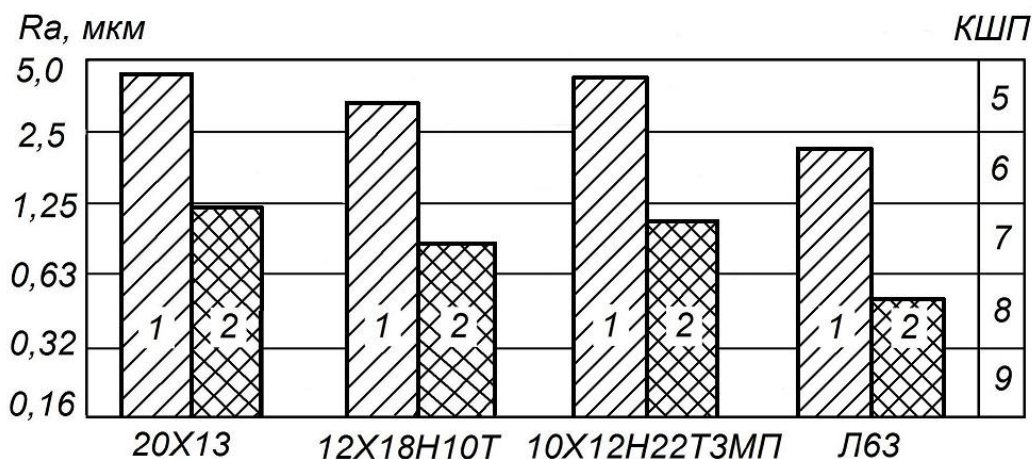


Рис. 4. Диаграммы изменения шероховатости обработанной поверхности Ra и класса шероховатости поверхности КШП при разных способах развертывания:
1 – обычное развертывание; 2 – развертывание с ОПД

Экспериментальным путем установлено, что большое влияние на процесс развертывания и его результирующие показатели оказывает конструкция деформирующего участка 2 (см. рис. 1, 2) инструмента: расположенные на конической поверхности упрочняющие ленточки являются одновременно жесткими направляющими

элементами (упорными кулачками) инструмента, стабилизируют работу режущей части при случайных возмущениях, исключают вибрации в поперечном направлении. Повышение динамической устойчивости процесса развертывания обеспечивает уменьшение разброса параметров шероховатости на длине отверстия, снижает вероятность образования надиров (порезов) на обработанной поверхности в сравнении с обработкой аналогичными развертками стандартной конструкции [5].

Исследования показали, что в результате деформационного упрочнения срезаемого слоя при развертывании происходит измельчение исходной структуры материала, повышается ее однородность, формируется более равномерная текстура материала поверхностного слоя (рис. 5), уменьшается разброс показаний микротвердости различных участков обработанной поверхности. В целом микротвердость поверхностей отверстий, обработанных с ОПД, на 10-12% выше, чем после обычного развертывания.

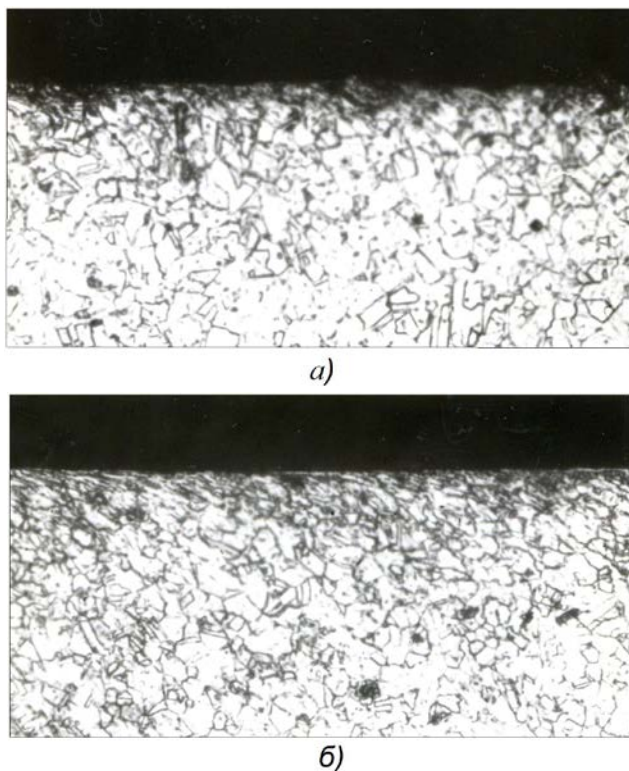


Рис. 5. Структура материала поверхностного слоя отверстий, обработанных разными способами (12Х18Н10Т; $\times 300$):
а – обычное развертывание; *б* – развертывание с ОПД

Стабилизация условий резания способствует также повышению периода технологической стойкости инструмента при развертывании с ОПД по сравнению с обработкой развертками стандартной конструкции до 1,2-1,4 раза. Кроме того, испытания показали возможность увеличения производительности обработки, так как метод позволяет производить чистовое развертывание с повышенными припусками на обработку непосредственно после сверления, исключая тем самым необходимость применения в отдельных случаях операции зенкерования и предварительного развертывания.

Таким образом, целенаправленное изменение конструкции режущей части развертки

позволяет управлять физико-механическими свойствами обрабатываемого материала в зоне формирования поверхностного слоя отверстия, что может создавать более благоприятные условия работы инструмента и повышает технологические и технико-экономические показатели обработки.

Список литературы

1. Ярославцев Б.И. Способ обработки резанием с опережающим пластическим деформированием : а.с. № 407648 СССР. Б.И. 1974. № 47.
2. Ярославцев В.М. Резание с опережающим пластическим деформированием: учеб. пособие по курсу «Перспективные технологии реновации». М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. 46 с.
3. Ярославцев В.М. Механика процесса резания пластически деформированных металлов с неоднородными свойствами по толщине срезаемого слоя // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2011. № 8. Режим доступа: <http://technomag.edu.ru/doc/195350.html> (дата обращения 02.04.2013).
4. Филиппов Г.В. Режущий инструмент. Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1981. 392 с.
5. Ярославцев В.М., Красноперов А.В. Применение метода ОПД срезаемого слоя при развёртывании // Совершенствование процессов обработки металлов резанием : сб. Вып. 3. Ижевск: Изд-во Ижевского мех. ин-та, 1978. С. 134-137.

Cutting with outrunning plastic deformation in the technologies of utilization of metal chips

07, July 2013

DOI: 10.7463/0713.0567548

Yaroslavtsev V.M.

Bauman Moscow State Technical University, 105005, Moscow, Russian Federation

mt13@bmstu.ru

Construction of a reamer which implements a combined cutting process with outrunning plastic deformation (OPD) during hole-making operations is considered in this article. The author provides results of an experimental investigation of efficiency of hole reaming with OPD while processing 20H13, I2H18N10T, 10H12N22T3MR steels and L63 latten. Experience has shown that design features of a reamer appear in stabilization of the cutting process with random disturbances and eliminate vibrations in cross direction, increase homogeneity of the surface layer structure. This leads to decrease in ruggedness of the finished surface, more uniform distribution of this ruggedness over the length of a detail, increase in micro-hardness of the surface layer along with technological durability of a tool and process efficiency.

Publications with keywords: [recycling](#), [split shavings](#), [wear resistance](#), [metal shavings](#), [cutting with anticipatory of plastic deformation](#), [a toothed roller](#), [the efficiency of the recycling of shavings](#)

Publications with words: [recycling](#), [split shavings](#), [wear resistance](#), [metal shavings](#), [cutting with anticipatory of plastic deformation](#), [a toothed roller](#), [the efficiency of the recycling of shavings](#)

References

1. Iaroslavtsev V.M. *Sposob obrabotki rezaniem s operezhaiushchim plasticheskim deformirovaniem* [Method of machining with advanced plastic deformation]. USSR Author's Certif., no. 407648, 1974.
2. Iaroslavtsev V.M. *Rezanie s operezhaiushchim plasticheskim deformirovaniem* [Cutting with advanced plastic deformation]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2010. 46 p.
3. Iaroslavtsev V.M. Mekhanika protsessa rezaniia plasticheski deformirovannykh metallov s neodnorodnymi svoistvami po tolshchine srezaemogo sloia [Mechanics of cutting processes of plastically deformed metals with non-uniform properties of cutting layer]. *Nauka i Ibrazovanie MGTU im. N.E. Baumana* [Science and Education of the Bauman MSTU], 2011, no. 8. Available at: <http://technomag.edu.ru/doc/195350.html> , accessed 02.04.2013.

4. Filippov G. V. *Rezhushchii instrument* [Cutting tools]. Leningrad, Mashinostroenie, 1981. 392 p.
5. Iaroslavtsev V.M., Krasnoperov A.V. Primenenie metoda OPD srezaemogo sloia pri razvertyvanii [Application of the method of advanced plastic deformation of the cutting layer in the deployment of]. *Sovershenstvovanie protsessov obrabotki metallov rezaniem : sb.* [Improving the processes of machining of metal by cutting : collection of articles]. Iss. 3. Izhevsk, Izhevsk Mechanical Institute Publ., 1978, pp. 134-137.