

УДК 621.893.1:621.761

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЕРЛ С НИКЕЛЬФОСФОРНЫМ ПОКРЫТИЕМ ДЛЯ РАССВЕРЛИВАНИЯ ОТВЕРСТИЙ

*В. И. Бутенко, Д. В. Зимбикевич*

Донской государственной технической университет (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

Приведены результаты исследования процесса рассверливания отверстий большого диаметра в заготовках для деталей из железоуглеродистых сплавов свёрлами из быстрорежущей стали с никельфосфорным покрытием. Приведены достигаемые при этом показатели качества обработанных поверхностей и точность размеров отверстий. Доказана возможность замены процесса зенкерования отверстий в деталях рассверливанием их свёрлами с никельфосфорным покрытием.

**Ключевые слова:** сверло, покрытие, отверстие, заготовка, деталь, поверхность, свойства, зенкерование, размер.

## USING DRILLS WITH NICKEL PHOSPHOROUS COATING FOR DRILLING HOLES

*V. I. Butenko, D. V. Zimbikevich*

Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

The paper provides the results of the study of the process of drilling large-diameter holes in blanks for parts made of iron-carbon alloys with high-speed steel drills with nickel-phosphorus coating. The achieved indicators of the quality of the treated surfaces and the accuracy of holes sizes are given. The possibility of replacing the process of countersinking holes in parts by re-drilling them with drills with nickel-phosphorus coating has been proved.

**Keywords:** drill, coating, hole, billet, part, surface, properties, countersinking, size.

**Введение.** Обработка точных отверстий большого диаметра в заготовках, полученных штамповкой или литьём, предполагает выполнение ряда затратных технологических операций, вплоть до зенкерования отверстий после их предварительного рассверливания. Для достижения заданной точности размеров и качества поверхностей обработанных отверстий в деталях из хромоникелевых сталей и сплавов возникает необходимость в подборе оптимальных режимов зенкерования, при которых будет учитываться условия деформирования обрабатываемого материала и процессы стружкообразования, а также процесс наростообразования в зоне резания.

**Основная часть.** В работах [1, 2] показано, что нанесение на рабочую часть металлорежущего инструмента упрочняющего никельфосфорного покрытия изменяет характер процессов стружко- и наростообразования в непосредственной зоне резания благодаря нивелированию поверхности инструмента и снижению коэффициента трения между его передней поверхностью и сходящей стружкой, а также между задней поверхностью металлорежущего инструмента и обработанной поверхностью детали. Это приводит к снижению напряжённого состояния материала и высокой температуре в зоне резания, что, в свою очередь, должно привести к

изменению процесса формирования качественных показателей поверхностного слоя обрабатываемых деталей.

С целью расширения возможностей использования никельфосфорного покрытия, а также для повышения качества и эффективности процесса обработки отверстий больших диаметров, был проведен ряд исследований, посвященных влиянию никельфосфорного покрытия, нанесённого на свёрла спирального типа. В исследованиях обращалось внимание на такие показатели качества обработанной поверхности, как параметр шероховатости  $R_z$ , значения технологических остаточных напряжений  $\sigma_{ост}$  и толщину поверхностного слоя детали с изменёнными физико-механическими свойствами  $\Delta H$ . Исследования проводились на вертикально-сверлильном станке (модель 2A135) при рассверливании отверстий в заготовках для втулок, изготавливаемых из сталей марок Ст. 3 и 35ХГСА, сплава 45Х25Н20С2А и чугуна СЧ 15 без охлаждения. Заготовки для втулок из сталей марок Ст. 3, 35ХГСА и сплава 45Х25Н20С2А были получены методом горячей штамповки, а из чугуна СЧ 15 — литьём в земляные формы. Изначальный диаметр отверстий в заготовках составлял  $25 \pm 0,4$  мм; номинальный диаметр отверстий после рассверливания был равен 32 мм. Использовались свёрла из быстрорежущей стали Р6М5 со стандартной заточкой: угол конуса  $2\phi = 118 \pm 1^\circ$ , угол наклона режущей кромки  $\psi = 55 \pm 1^\circ$ , длина поперечного лезвия  $B = 3,2$  мм.

Никельфосфорное покрытие наносилось на поверхность рабочей части сверла электролитическим путём по технологии, изложенной в работах [3, 4]. Толщина нанесенного слоя составляла  $20 \pm 1$  мкм, которая, как показали измерения, практически полностью компенсируется травлением рабочей поверхности инструмента перед нанесением упрочняющего никельфосфорного покрытия. Для определения значения параметра шероховатости обработанной поверхности  $R_z$  на оптическом микроскопе МИС-11 обработанные втулки были разрезаны пополам. Определение значения величины технологических остаточных напряжений  $\sigma_{ост}$  в материале поверхностного слоя деталей, подвергнутых обработке, осуществлялось по методу полосок, который является разновидностью метода Н. Н. Давиденкова, с учётом рекомендаций, изложенных в работах [5, 6]. Для определения толщины слоя детали с изменёнными физико-механическими свойствами  $\Delta H$  было использовано устройство, которое описано в работе [7].

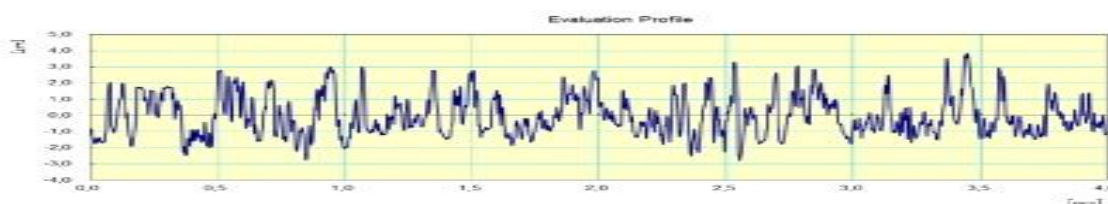
Результаты исследования, которые рассчитаны как средние арифметические по десяти последовательно проведённым экспериментам, приведены в таблице 1. Анализ показывает, что использование свёрл с никельфосфорным покрытием при рассверливании отверстий позволяет уменьшить шероховатость обработанной поверхности отверстия по параметру шероховатости  $R_z$  в 1,7–1,9 раза, снизить на 25–30% величину технологических остаточных напряжений в материале поверхностного слоя  $\sigma_{ост}$  и почти в 1,5 раза уменьшить толщину слоя с изменёнными физико-механическими свойствами  $\Delta H$ .

Таблица 1

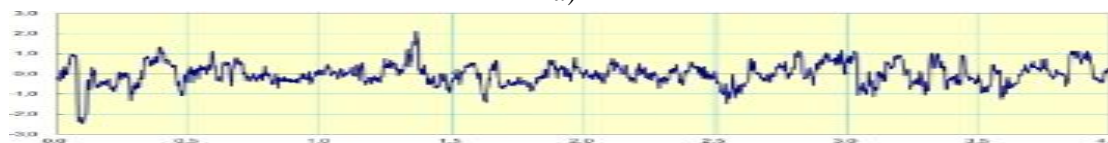
Результаты сравнительных испытаний свёрл при рассверливании отверстий

Обрабатываемый материал	Используемые свёрла	Режимы обработки		Показатели качества поверхностного слоя		
		V, м/с	S, мм/об	R <sub>z</sub> , мкм	σ <sub>ост</sub> , МПа	ΔН, мм
сталь Ст. 3	без покрытия	0,32	0,2	16,7	275	0,24
	с никельфосфоним покрытием			9,1	220	0,15
сталь 35ХГСА	без покрытия	0,25	0,15	19,3	310	0,27
	с никельфосфоним покрытием			10,5	240	0,21
сплав 45Х25Н20С2А	без покрытия	0,21	0,15	21,6	310	0,29
	с никельфосфоним покрытием			13,2	245	0,20
чугун СЧ 15	без покрытия	0,41	0,25	18,8	240	0,18
	с никельфосфоним покрытием			12,3	220	0,12

На рис. 1 указаны типовые профилограммы внутренних поверхностей втулок, обработанных (упрочненных) разными способами, а на рис. 2 — общий вид поверхности, анализ которых показывает существенное влияние никельфосфорного покрытия на профиль неровностей, формирующихся в процессе рассверливания отверстий.

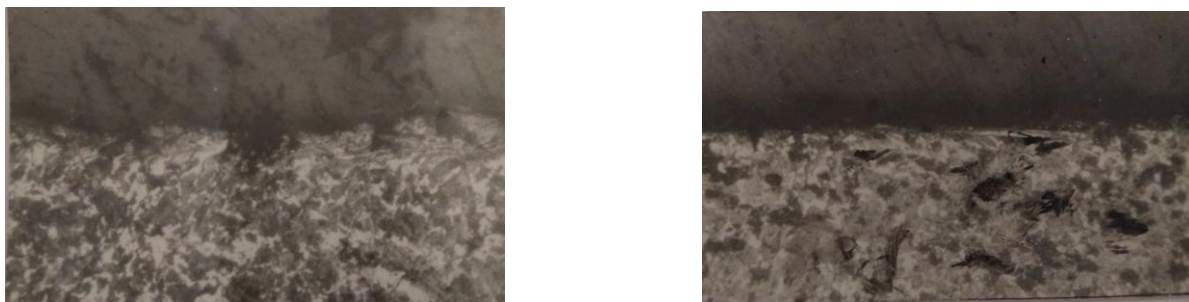


а)



б)

Рис. 1. Профилограммы поверхности отверстия во втулке из стали Ст. 3: а — после рассверливания обычным сверлом, б — сверлом с никельфосфорным покрытием



а)

б)

Рис. 2. Общий вид поверхности после рассверливания: а — обычным сверлом; б — сверлом с никельфосфорным покрытием. Увеличение 75

Поверхность отверстия, получаемая после рассверливания сверлом, упрочненным никельфосфорным покрытием, приобрела не только меньшую шероховатость, но и более высокие значения показателя относительной опорной длины профиля  $t_p$ . Это способствует повышению износостойкости и несущей способности поверхности детали.

Исследовались поля рассеивания размеров  $\omega D$  партий втулок в количестве 25 штук из обрабатываемых материалов с отверстиями, рассверленными обычным сверлом (не подвергнутые обработке) и сверлом с никельфосфорным покрытием. Значение диаметра рассверленного отверстия во втулке определялось с помощью нутромера с индикаторной головкой 1МИГ в двух взаимно перпендикулярных направлениях. После этого вычислялось среднее значение диаметра.

Результаты исследований в виде гистограмм, построенных по среднеарифметическим данным значений  $\omega D$  партии втулок, приведены на рис. 3. Анализ данных свидетельствует о том, что рассверливание отверстий в штампованных и литых заготовках из железоуглеродистых сплавов сверлами с никельфосфорным покрытием на 30–40% сужает поле рассеивания их размеров, по сравнению с рассверливанием обычными сверлами.

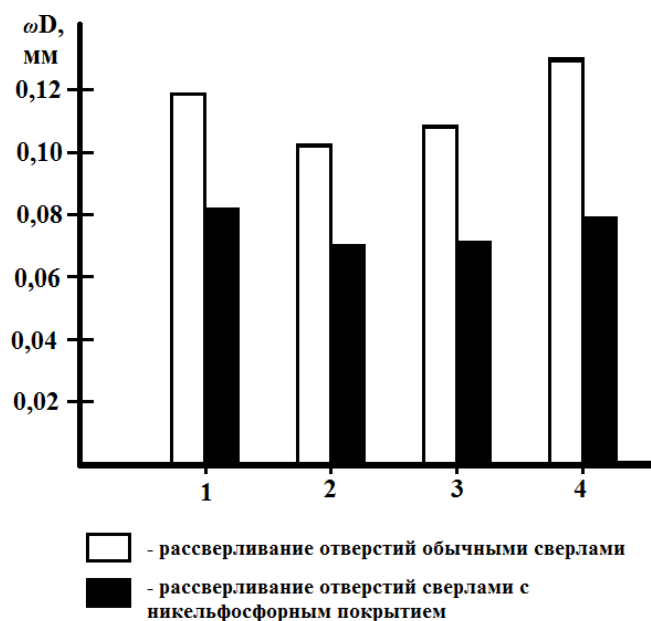


Рис. 3. Гистограммы полей рассеивания размеров партий втулок из: 1 — стали Ст. 3; 2 — стали 35ХГСА; 3 — сплава 35ХГСА; 4 — чугуна СЧ 15

Для сравнения был проведен ряд исследований показателей качества поверхностного слоя  $R_z$ ,  $\sigma_{ост}$ ,  $\Delta H$  и полей рассеивания размеров отверстий  $\omega D$ , подвергнутых зенкероанию при

использовании цельного зенкера диаметром 32 Н9 ГОСТ 1289-71 из быстрорежущей стали Р6М5, имеющего угол наклона канавок  $20^\circ$  и переходной конус с углом  $60^\circ$  на длине 3,0 мм [1, 2]. Режимы зенкерования отверстий, их начальные размеры в заготовках и условия обработки были приняты теми же, что и при рассверливании свёрлами с никельфосфорным покрытием.

Результаты выполненных исследований приведены в таблице 2. Сравнение их с данными, приведёнными в таблице 1 и на рис. 3, даёт основание сделать вывод о том, что использование для рассверливания отверстий большого диаметра в заготовках для деталей из железоуглеродистых сплавов свёрл с никельфосфорным покрытием обеспечивает практически те же самые показатели качества поверхностного слоя ( $R_z$ ,  $\sigma_{ост}$ ,  $\Delta H$ ) и разброс размеров обработанных отверстий  $\omega D$ , что и при зенкерования их обычными свёрлами [8] при общем уменьшении трудоёмкости обработки на 20–30%.

Таблица 2

Показатели качества отверстий после зенкерования их во втулках

Обрабатываемый материал	Показатели качества отверстий после зенкерования			
	$R_z$ , мкм	$\sigma_{ост}$ , МПа	$\Delta H$ , мм	$\omega D$ , мм
сталь Ст. 3	9,2	220	0,15	0,08
сталь 35ХГСА	10,4	240	0,20	0,07
сплав 45Х25Н20С2А	13,0	250	0,21	0,07
чугун СЧ 15	12,1	220	0,13	0,08

**Выводы.** Использование свёрл с никельфосфорным покрытием для рассверливания отверстий большого диаметра в заготовках для деталей из железоуглеродистых сплавов при серийном и массовом производстве обеспечивает требуемые показатели качества обработанных поверхностей. Это может дать существенный технико-экономический эффект за счёт исключения из технологических процессов обработки деталей операций, связанных с предварительным рассверливанием и зенкерованием отверстий в штампованных и литых заготовках. Особенно это актуально при обработке отверстий большого диаметра в деталях из хромоникелевых сталей и сплавов.

#### Библиографический список

1. Бутенко, В. И. Влияние лазерной обработки никельфосфорного покрытия на стойкость металлорежущего инструмента / В. И. Бутенко, Д. В. Зимбикевич // Молодой исследователь Дона. — 2019. — №1(16). — С. 15–19.
2. Бутенко, В. И. Влияние никельфосфорного покрытия на эффективность использования металлорежущего инструмента / В. И. Бутенко, Р. Г. Шаповалов // Упрочняющие технологии и покрытия. — 2018. — Т.14. — № 10(166). — С. 435–438.
3. Гоголев, А. Я. Влияние никельфосфорного покрытия свёрл на процесс обработки стали 40Х / А. Я. Гоголев, В. И. Бутенко // Станки и инструмент. — 1973. — № 2. — С. 28–29.
4. Бутенко, В. И. Влияние способов финишной обработки деталей и термообработки никельфосфорного покрытия на его коэффициент трения / В. И. Бутенко // Научно-технические и виброволновые технологии обработки деталей высокотехнологичных изделий: мат-лы междунар. науч. симп. технологов-машиностроителей. — Ростов-на-Дону : Изд-во ДГТУ, 2018. — С. 12–14.
5. Лабутин, Ю. П. Механизация измерительных и вычислительных операций для определения остаточных напряжений методом Давиденкова / Ю. П. Лабутин // Заводская лаборатория. — 1968. — № 1. — С. 17–20.

6. Бутенко, В. И. Научные основы нанотрибологии / В. И. Бутенко. — Таганрог : Изд-во ТТИ ЮФУ, 2010. — 275 с.

7. Бутенко, В. И. Структура и потенциал трибоконтакта поликристаллических материалов / В. И. Бутенко. — Ростов-на-Дону : Изд-во ДГТУ, 2018. — 160 с.

8. Шевцов С.Н., Повышение производительности обработки и качества отверстий в слоистом армированном титаном стеклопластике за счет снижения виброактивности процесса сверления / С. Н. Шевцов, В. В. Сибирский, Е. Г. Чигринец // Вестник Донского государственного технического университета. — 2016. — Т. 16, № 1. С. 119-126. <https://doi.org/10.12737/18273>

*Об авторах:*

**Бутенко Виктор Иванович**, профессор кафедры «Металлорежущие станки и инструмент» Донского государственного технического университета (344000, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина,1), доктор технических наук, профессор, [Butenkouwiktoryandex.ru](mailto:Butenkouwiktoryandex.ru)

**Зимбикевич Дмитрий Викторович**, магистрант кафедры «Металлорежущие станки и инструмент» Донского государственного технического университета (344000, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина,1), [mr.Zimbikevich@mail.ru](mailto:mr.Zimbikevich@mail.ru)

*Authors:*

**Butenko, Viktor I.**, professor of the Department of Metal-Cutting Machines and Tools, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344000, RF), Dr.sci., professor, [Butenkouwiktoryandex.ru](mailto:Butenkouwiktoryandex.ru)

**Zimbikevich, Dmitriy V.**, master's degree student of the Department of Metal-Cutting Machines and Tools, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344000, RF), [mr.Zimbikevich@mail.ru](mailto:mr.Zimbikevich@mail.ru)