

## ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ПРОСВЕРЛЕННЫХ ОТВЕРСТИЙ

*Дыйканбаева Урпия Маматкадыровна, ст. преподаватель Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Ч.Айтматова 66 e-mail: urpia71@mail.ru*

*Рагрин Николай Алексеевич, д.т.н., профессор, Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Ч.Айтматова 66, e-mail: n\_ragrin@mail.ru*

**Аннотация.** Представлены результаты лабораторных исследований, направленных на повышение качества поверхности отверстий, обработанных сверлением за счет уменьшения глубины их дефектного поверхностного слоя путем варьирования параметрами режима резания. Показана возможность значительного снижения трудоемкости обработки деталей с отверстиями высокого качества в результате исключения из операции их обработки следующих технологических переходов: рассверливание, черновое и чистовое зенкерование, нормальное развертывание. Разработана математическая модель, позволяющая с высокой точностью рассчитать глубину дефектного поверхностного слоя отверстий, обработанных сверлением в зависимости от скорости резания и подачи.

**Ключевые слова:** сверло, отверстие, глубина дефектного поверхностного слоя, скорость, подача.

## КӨЗӨЛГӨН КӨЗӨНӨКТӨРДҮН БЕТ КАТМАРЫНЫН САПАТЫН ЖОГОРУЛАТУУ

*Дыйканбаева Урпия Маматкадыровна, улук окутуучу, И. Раззаков атындагы кыргыз мамлекеттик техникалык университет, Кыргызстан, 720044, Бишкек ш., Ч.Айтматов пр. 66 e-mail: urpia71@mail.ru*

*Рагрин Николай Алексеевич, т.и.д., профессор, И. Раззаков атындагы кыргыз мамлекеттик техникалык университет, Кыргызстан, 720044, Бишкек ш., Ч.Айтматов пр. 66, e-mail: n\_ragrin@mail.ru*

**Аннотация.** Кесүү режиминин параметрлерин өзгөртүү менен, алардын бузулган бет катмарынын тереңдигин азайтуу аркылуу, көзөө жолу менен иштетилген тешиктердин бетинин сапатын жакшыртууга багытталган лабораториялык изилдөөлөрдүн жыйынтыктары келтирилген. Төмөнкү иштетүү технологиялык операциясынын өткөөлдөрүн: кайра иштетүүнү, орой жана майда чегүүнү, нормалдуу кайра иштетүүнү алып салуунун натыйжасында жогорку сапаттагы тешиктери

бар тетиктерди кайра иштетүүнүн эмгек сыйымдуулугун бир кыйла төмөндөтүү мүмкүнчүлүгү көрсөтүлдү. Кесүү ылдамдыгына жана берүүгө жараша көзөө жолу менен иштетилген тешиктердин үстүңкү бет катмарынын бузулган тереңдигин жогорку тактык менен эсептөөгө мүмкүндүк берген математикалык модель иштелип чыккан.

**Негизги сөздөр:** көзөөч, тешик, көзөнөк, бузулган бет катмарынын тереңдиги, ылдамдык, берүү, кесүү.

## IMPROVING THE QUALITY OF THE SURFACE LAYER OF DRILLED HOLES

*Dyikanbaeva Uрпиa Mamatkadyrovnа, art., prep, Kyrgyz State Technical University I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Aitmatova Ave., 66 e-mail: urpia71@mail.ru*

*Ragrin Nikolai Alekseevich, doctor of technical sciences, prof.I. Kyrgyz State Technical University I. Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Aitmatova Ave. 66. e-mail: n\_ragrин@mail.ru*

**Annotation.** The results of laboratory studies aimed at improving the surface quality of holes machined by drilling by reducing the depth of their defective surface layer by varying the parameters of the cutting mode are presented. The possibility of significantly reducing the complexity of processing parts with high-quality holes because of the exclusion of the following technological transitions from the processing operation: drilling, roughing and finishing countersinking, normal deployment is shown. A mathematical model has been developed that allows with high accuracy to calculate the depth of the defective surface layer of holes machined by drilling depending on the cutting speed and feed.

**Key words:** drill, completely, defective surface layer depth, speed, and feed.

В работе [1] представлены результаты анализа качества отверстий технологической оснастки: штампов, пресс-форм, лит-форм, применяемых на предприятиях г. Бишкек, табл. 1.

Таблица 1.

Диаметр, мм	Квалитет Допуска размера	Глубина дефектного поверхностного слоя, мкм
10-13	7	5 - 25
14-16	9-7	5 - 25
16-20	7	5 -25

Представленные в таблице 1 отверстия в основном содержат такие детали оснастки, как плиты: верхние, нижние, держатели матриц и пуансонов и т.п., каждая из которых имеет до десяти высокоточных отверстий различного диаметра.

В работе [2] на основании экспериментальных исследований обоснован путь повышения качества отверстий, обработанных сверлением, применением скоростей резания меньших 6 м/мин. Помимо скорости резания на качество обработанных сверлением отверстий большое влияние оказывает толщина стружки – подача, от величины которой зависит сила давления стружки на передние поверхности режущих лезвий. От силы резания зависит качество поверхностного слоя отверстий.

Результаты лабораторных исследований авторов работы [3] показали возможность значительного улучшения качества отверстий, обработанных спиральными сверлами, при достижении 8 квалитета допуска размера и шероховатости  $Ra = 1,6$  мкм. Такие показатели качества были достигнуты при сверлении отверстий на скоростях резания 4,32-5,53 м/мин и на определенных подачах на оборот сверла быстрорежущими спиральными сверлами с двухплоскостной заточкой задних поверхностей, у которых осевое биение режущих кромок установленных в шпинделе станка составляли 0,08 мм. В работе [4] показано существенное влияние осевого биения режущих кромок спиральных сверл на их стойкость.

Одним из определяющих показателей качества отверстий является глубина дефектного поверхностного слоя, которая в деталях технологической оснастки, табл. 1, не превышает величины 25 мкм, что соответствует нормальному развертыванию [5]. Поэтому для снижения трудоемкости обработки высококачественных отверстий помимо квалитета допуска размера и шероховатости

поверхности отверстий, обработанных сверлением необходимо обеспечить глубину дефектного поверхностного слоя на соответствующем уровне. Однако, в настоящее время отсутствуют математические зависимости, отражающие влияние параметров режима резания при сверлении на глубину дефектного поверхностного слоя отверстий. На основании вышеизложенного определены задачи исследований:

1. Разработать и обосновать пути и методы уменьшения глубины дефектного поверхностного слоя отверстий, обработанных сверлением.
2. Обосновать возможность снижения трудоемкости обработки деталей с отверстиями высокого качества.
3. Разработать математическую модель, позволяющую с высокой точностью рассчитать глубину дефектного поверхностного слоя отверстий, обработанных сверлением.

С целью решения поставленных задач и в соответствии с целью исследований проведены испытания быстрорежущих спиральных сверл диаметром 11,0 мм по ГОСТ 2034-80 класса точности А1 у которых допуск осевого биения режущих кромок не превышает 0,06 мм. Задние поверхности данных сверл затачивались по двухплоскостной заточке с доводкой алмазным инструментом на прецизионном оборудовании. Сверлились сквозные отверстия глубиной  $3d$  в заготовках из стали 45 190НВ. Для установления микроструктуры металла поверхностного слоя отверстий, поверхности заготовок были подвергнуты доводке и полировке с последующим травлением. Микроструктура поверхностного слоя отверстий изучалась на световом микроскопе Axio Imager A1m/M1m при 200 кратном увеличении. На рис. 1 представлена фотография микроструктуры металла поверхностного слоя отверстия.

Проведен анализ микроструктуры металла поверхностного слоя отверстий при сверлении сверлами конической заточкой задних поверхностей и двухплоскостной

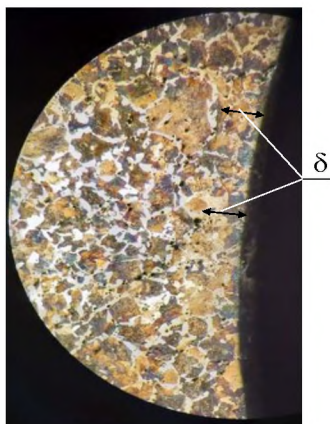


Рис.1. Фотография микроструктуры металла поверхностного слоя отверстия, где  $\delta$  - глубина дефектного поверхностного слоя отверстий.

Заточкой. Испытания показали, что скорость резания и подача не влияют на глубину дефектного поверхностного слоя отверстий, просверленных сверлами с конической заточкой задних поверхностей, имеющих большое осевое биение режущих кромок (0,3 мм). При работе сверлами с двухплоскостной заточкой задних поверхностей, у которых осевое биение режущих кромок установленных в шпинделе станка составило 0,08 мм, имеет место характерное влияние скорости резания и подачи на глубину дефектного поверхностного слоя отверстий. Наблюдается уменьшение глубины дефектного поверхностного слоя отверстий с увеличением скорости резания (рис.2) и увеличение глубины дефектного поверхностного слоя отверстий с увеличением подачи (рис. 3).

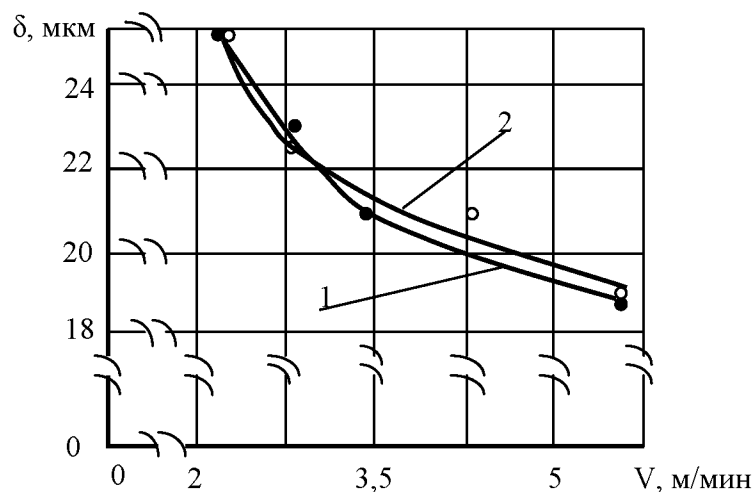


Рис. 2. Зависимость глубины дефектного поверхностного слоя от скорости резания при сверлении сверлами с двухплоскостной заточкой: 1 – подача 0,2 мм/об, 2 – 0,25 мм/об.

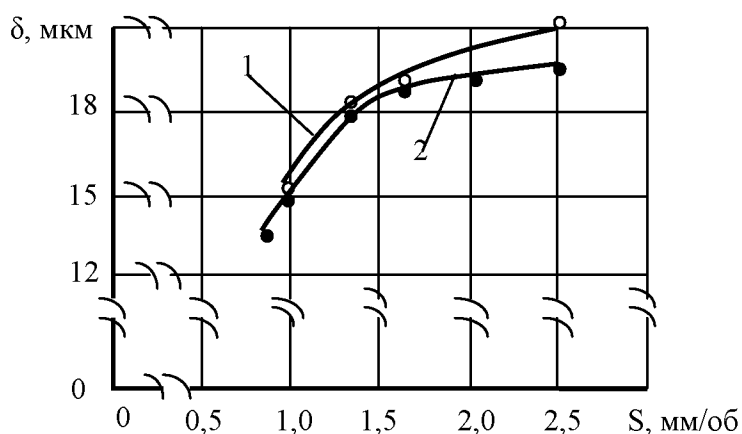


Рис.3. Зависимость глубины дефектного поверхностного слоя от подачи при сверлении сверлами с двухплоскостной заточкой, где 1 -  $V = 4,32$  м/мин, 2 -  $V = 5,53$  м/мин.

Характер влияния скорости резания на глубину дефектного поверхностного слоя при работе сверлами с двухплоскостной заточкой зависит от того, что разбивка отверстий с увеличением скорости резания увеличивается и способствует уменьшению величины контакта ленточек со стенками обрабатываемого отверстия и соответствующим уменьшением величины крутящего момента от трения ленточек. Это приводит к уменьшению глубины дефектного поверхностного слоя отверстий с увеличением скорости резания. Подача существенно и прямо пропорционально влияет на осевую силу и крутящий момент [6] поэтому и глубина дефектного поверхностного слоя и разбивка отверстий увеличиваются с увеличением подачи.

Кривые графиков рис. 2 и рис. 3 являются статистическими зависимостями, полученными усреднением нескольких измерений в каждой точке, поэтому аппроксимация этих зависимостей проводилась методом наименьших квадратов. Определялись коэффициенты регрессии трех статистических зависимостей: прямой, степенной и экспоненциальной. Затем рассчитывался коэффициент корреляции каждой из них, и методом сравнительного анализа определялась зависимость наиболее адекватная результатам исследований.

В табл. 1 приведены результаты аппроксимации зависимостей глубины дефектного поверхностного слоя от скорости резания и коэффициенты корреляции  $r$

Таблица 2.

№ п/п	Зависимости, для $S = 0,2$ мм/об	$r$	№ п/п	Зависимости, для $S = 0,25$ мм/об	$r$
1	$\delta = 28,48 \cdot e^{-2,073V}$	0,83	4	$\delta = 27,78 - 1,59V$	0,95
2	$\delta = 35,98V^{-0,375}$	0,94	5	$\delta = 29,4677V^{-0,233}$	0,92
3	$\delta = a \cdot e^{0,098V}$	0,81	6	$\delta = 28,62 \cdot e^{-0,0735V}$	0,96

Сравнительный анализ результатов исследований, представленный в табл. 2, показывает, что для подачи  $S = 0,2$  мм/об более адекватной является зависимость 2, а для подачи  $S = 0,25$  мм/об более адекватной является зависимость 6, при этом наиболее адекватной является зависимость 6, у которой коэффициент корреляции наибольший, равный  $r = 0,96$ . Поэтому для построения математической модели следует использовать зависимость 6, имеющую вид:

$$\Delta = 28,62 \cdot e^{-0,0735V} \quad (1)$$

В табл. 3 приведены результаты аппроксимации зависимостей глубины дефектного поверхностного слоя от подачи и коэффициенты корреляции  $r$ .

Таблица 3.

п/п	Зависимости, для $V = 4,32$ м/мин	$r$	№ п/п	Зависимости $V = 5,53$ м/мин	$r$
1	$\delta = 13,8 + 25,64S$	0,7	4	$\delta = 12,3 + 31,73S$	0,85
2	$\delta = 26,86 \cdot S^{0,222}$	0,62	5	$\delta = 31,36S^{0,3134}$	0,92
3	$\delta = 14,3 \cdot e^{1,33S}$	0,61	6	$\delta = 12,647 \cdot e^{1,935S}$	0,84

Сравнительный анализ результатов исследований, представленный в табл. 3, показывает, что для скорости резания  $V = 4,32$  м/мин более адекватной является зависимость 1, а для скорости резания  $V = 5,53$  м/мин более адекватной является зависимость 5, при этом наиболее адекватной является зависимость 5, у которой коэффициент корреляции наибольший, равный  $r = 0,92$ . Поэтому для построения математической модели следует использовать зависимость 5, имеющую вид:

$$\delta = 31,36S^{0,3134} \quad (2)$$

В результате несложных математических действий зависимости (1) и (2) объединены в математическую модель, состоящую из зависимостей (3) и (4), имеющую вид:

$$\delta = 20,646S^{0,3134} \cdot e^{-0,0735V} \quad (3)$$

$$\delta = 44,2S^{0,3134} \cdot e^{-0,0735V} \quad (4)$$

В которой зависимость (3) предназначена для варьирования подачи на скорости резания  $V = 5,53$  м/мин, а зависимость (4) – варьирования скоростью резания на подаче  $S = 0,25$  мм/об.

Проведен сравнительный анализ адекватности математической модели результатам настоящих исследований, для зависимости (3) - табл. 4, для зависимости (4) - табл. 5, в которых приведены фактические и рассчитанные глубины дефектного поверхностного слоя отверстий и погрешность расчетов.

Таблица 4.

$\delta$ факт.	$S$ , мм/об	$\delta$ расч.	Погр. расч. $\Delta\%$
13,33	0,078	13,93	4,6
15,00	0,1	15,06	0,4
18,00	0,13	16,34	9,2
18,66	0,16	17,46	6,4
18,93	0,20	18,72	1,1
19,00	0,25	20,076	5,6
			$\Delta_{\text{ср.}} 4,55$

$\delta$ факт.	V, м/мин	$\delta$ расч.	Погр. расч. $\Delta\%$
25,00	2,18	24,38	2,5
22,30	2,76	23,37	4,8
22,60	3,45	22,21	1,7
21,00	4,32	20,84	0,8
19,00	5,53	19,06	0,3
			$\Delta$ ср. 2,2

В табл. 4 и табл. 5 видно, что средняя погрешность расчетов по зависимости (3) не превышает 5%, а зависимости (4) – 2,5%, что для математической модели, полученной методами математической статистики, является достаточно высокой точностью.

### Выводы

1. Экспериментально определено влияние параметров режима резания на показатели качества поверхностного слоя отверстий, обработанных сверлением.

2. Обоснована возможность значительного снижения трудоемкости обработки деталей с отверстиями высокого качества путем исключения из операции их обработки следующих технологических переходов: рассверливание, черновое и чистовое зенкерование, нормальное развертывание.

### Литература

1. Рагрин Н. А., Айнабекова А. А., Дыйканбаева У. М. Научные основы повышения качества поверхности обработанной быстрорежущими спиральными сверлами // Технология машиностроения. – М., 2017. – № 5. – С. 13-16.
2. Рагрин Н.А., Айнабекова А.А., Дыйканбаева У.М. Разработка и обоснование закономерностей повышения показателей качества отверстий, обработанных сверлением // Известия КГТУ. – Бишкек, 2018. – № (49). – С. 77-89.
3. Рагрин Н. А., Айнабекова А. А., Озгонбеков А. О. Разработка путей и методов повышения качества отверстий при сверлении // Технология машиностроения. – М., 2018. – № 6. – С. 10-15.
4. Рагрин Н.А. Самсонов В.А. Айнабекова А.А. Определение закономерностей влияния погрешностей заточки спиральных сверл на их стойкость // Технология машиностроения. – М., 2015. – № 7. – С. 27-31.
5. Справочник технолога-машиностроителя. Т. 2. / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова, А.Г. Сулова. - 5-е издание исправленное. – М.: Машиностроение, 2003. - С. 381.
6. Рагрин Н.А. Разработка стойкостной модели спиральных сверл при случайном характере процессов изнашивания // Известия КГТУ. - Бишкек, 2015. - № 1(34). - С. 60-63.
7. [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_42332698\\_80493447.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_42332698_80493447.pdf)
8. Жумалиев, Ж. М. Микроплазменная установка / Ж. М. Жумалиев, А. Б. Аблакаев // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. – 2019. – № 2-1(50). – С. 47-53.
9. Сарбанов, С. Т. Роль технологической оснастки в обеспечении точности и производительности групповой сборки / С. Т. Сарбанов // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. – 2019. – № 2-1(50). – С. 81-88.
10. Кадыров, И. Ш. Экспериментальное исследование влияния технологических параметров на качество изготовления изделия при токарной и шлифовальной обработке / И. Ш. Кадыров, Б. С. Турусбеков // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. – 2019. – № 3(51). – С. 11-18.