

УДК 621.951.45
DOI: 10.36979/1694-500X-2022-22-12-80-85

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ОТВЕРСТИЙ ПРИ СВЕРЛЕНИИ

Н.А. Рагрин, У.М. Дыйканбаева

Аннотация. Одним из определяющих показателей качества отверстий, наряду с шероховатостью и качеством точности, является глубина дефектного поверхностного слоя, которая в деталях технологической оснастки не превышает величины 25 мкм. Поэтому уменьшение глубины дефектного поверхностного слоя отверстий, обработанных сверлением, является актуальной проблемой, решение которой позволит снизить трудоемкость обработки деталей с отверстиями высокого качества. Разработаны и обоснованы пути и методы уменьшения глубины дефектного поверхностного слоя отверстий, обработанных сверлением. Обоснована возможность снижения трудоемкости обработки отверстий высокого качества. Разработана математическая модель, позволяющая рассчитать глубину дефектного поверхностного слоя отверстий, обработанных сверлением.

Ключевые слова: сверло; отверстие; качество; поверхностный слой; скорость резания; подача.

БУРГУЛООДО ТЕШИКТЕРДИН БЕТТИК КАТМАРЫНЫН САПАТЫН ЖОГОРУЛАТУУ ЫКМАСЫН ИШТЕП ЧЫГУУ

Н.А. Рагрин, У.М. Дыйканбаева

Аннотация. Тешиктердин сапатынын аныктоочу көрсөткүчтөрүнүн бири, жылма эместиги жана тактык квалификациясы менен бирге, кемчиликтүү беттик катмардын тереңдиги болуп саналат, ал технологиялык шаймандардын деталдарында 25 мкм чоңдуктан ашпайт. Ошондуктан бургулоо менен иштетилген тешиктердин кемчиликтүү беттик катмарынын тереңдигин азайтуу актуалдуу көйгөй болуп саналат, аны чечүү жогорку сапаттагы тешик бөлүктөрүн иштетүүнүн татаалдыгын азайтат. Бургулоо менен иштетилген тешиктердин кемчиликтүү беттик катмарынын тереңдигин азайтуу жолдору жана ыкмалары иштелип чыккан жана негизделген. Жогорку сапаттагы тешиктерди иштетүүнүн татаалдыгын азайтуу мүмкүнчүлүгү негизделген. Бургулоо жолу менен иштетилген тешиктердин кемтик беттик катмарынын тереңдигин эсептөөгө мүмкүндүк берген математикалык модель иштелип чыкты.

Түйүндүү сөздөр: бургулоо; тешик; сапат; беттик катмар; кесүү ылдамдыгы; берүү.

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR INCREASING THE QUALITY OF THE SURFACE LAYER OF HOLES DURING DRILLING

N.A. Ragrin, U.M. Dyikanbaeva

Abstract. One of the determining indicators of the hole quality, along with the roughness and quality of accuracy, is the depth of the defective surface layer, which in the details of technological equipment does not exceed 25 microns. Therefore, reducing the depth of the defective surface layer of holes processed by drilling is an urgent problem, the solution of which will reduce the complexity of processing parts with high quality holes. Ways and methods for reducing the depth of the defective surface layer of holes processed by drilling were developed and substantiated. The possibility of reducing the complexity of processing holes of high quality is substantiated. A mathematical model has been developed that makes it possible to calculate the depth of the defective surface layer of holes processed by drilling.

Keywords: drill; hole; quality; surface layer; cutting speed; feed.

Экспериментально доказана возможность получения сверлением отверстий 8–9 качества допуска и шероховатости $Ra = 1,6$ мкм [1], что позволяет исключить несколько переходов обработки отверстий высокой точности и тем самым снизить трудоемкость обработки деталей. Анализ литературных источников показывает, что одним из определяющих показателей качества отверстий является глубина дефектного поверхностного слоя, которая в деталях технологической оснастки не превышает 25 мкм, что соответствует нормальному развертыванию (таблица 1). Для снижения трудоемкости обработки высококачественных отверстий, помимо качества допуска размера и шероховатости поверхности отверстий, обработанных сверлением, необходимо обеспечить и глубину дефектного поверхностного слоя на соответствующем уровне. Поэтому проблема повышения качества отверстий, обработанных сверлением, и уменьшением глубины дефектного поверхностного слоя с целью снижения общей трудоемкости обработки деталей достаточно актуальна.

Следует отметить, что в настоящее время отсутствуют результаты исследований влияния параметров режима резания при сверлении отверстий на глубину дефектного поверхностного слоя, и математические зависимости, отражающие их влияние.

Таблица 1 – Результаты анализа качества отверстий технологической оснастки

Диаметр, мм	Квалитет допуска	Глубина дефектного поверхностного слоя, мкм
10–13	7	5–25
14–16	9–7	5–25
16–20	7	5–25

Поэтому целью данной работы стало определение задач 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.

Для решения поставленных проводили сверление сквозных отверстий глубиной $3d$ в заготовках из стали 45 180НВ (рисунок 1).

Осевое биение режущих кромок сверл, установленных в шпинделе станка, измеряли микрометром часового типа с ценой деления 0,01 мм, закрепленном на магнитном штативе (рисунок 2), и оно не превышало 0,08 мм.

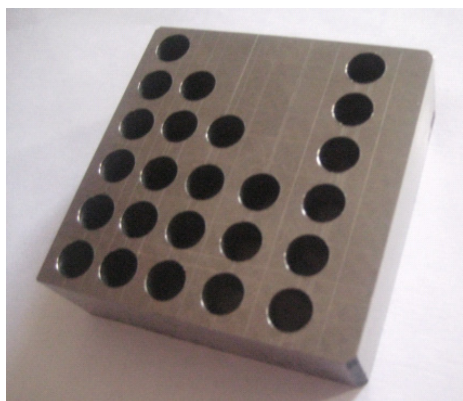


Рисунок 1 – Заготовка



Рисунок 2 – Микрометр на магнитном штативе

Для определения микроструктуры металла поверхностного слоя отверстий, поверхности заготовок были подвергнуты доводке и полировке на полировочной установке (рисунок 3) с последующим травлением 4 %-ным раствором азотной кислоты в этиловом спирте.

Микроструктуру поверхностного слоя отверстий изучали на световом микроскопе при 200 кратном увеличении (рисунок 4).

На рисунке 5 показана фотография микроструктуры металла поверхностного слоя отверстия [2]. Результаты анализа микроструктуры поверхностного слоя представлены в таблице 2.

Анализ результатов исследований показывает, что при сверлении на скоростях резания 2,18–5,53 м/мин и подачах 0,078–0,25 мм/об, глубина дефектного поверхностного слоя не превышает 0,25 мкм (таблица 2).

Можно заметить, что скорость резания и подача имеют характерное влияние на глубину дефектного поверхностного слоя отверстий [3]. Было также отмечено уменьшение его глубины с увеличением скорости резания (рисунок 6) и увеличение – с увеличением подачи (рисунок 7).

Кривые графиков зависимостей глубины дефектного поверхностного слоя от скорости резания (рисунок 6) и подачи (рисунок 7) являются статистическими зависимостями, которые получены усреднением нескольких измерений в каждой точке, поэтому аппроксимацию этих зависимостей проводили методом наименьших квадратов.



Рисунок 3 – Полировочная установка

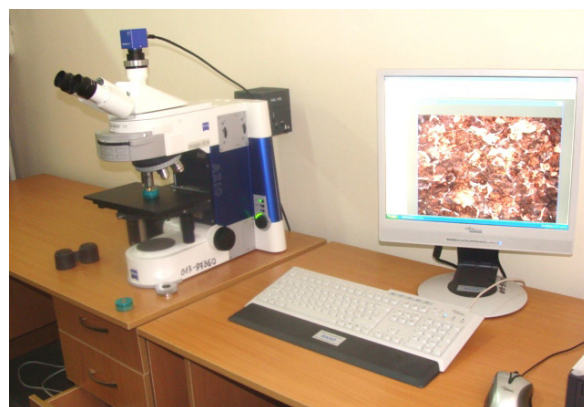


Рисунок 4 – Световой микроскоп
Axio Imager A1m/M1m

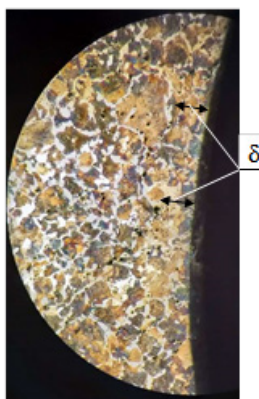


Рисунок 5 – Микроструктура
поверхностного слоя отверстия

Таблица 2 – Глубина дефектного поверхностного слоя

V, м/мин \ S, мм/об	0,078	0,1	0,13	0,16	0,20	0,25
	δ, мкм					
2,18					0,25	0,25
2,76				22,3	23,0	22,3
3,45			16,0	21,3	21,0	22,6
4,32		15,3	18,6	19,0	16,6	21,0
5,53	13,33	15,0	18,0	18,6	18,9	19,0

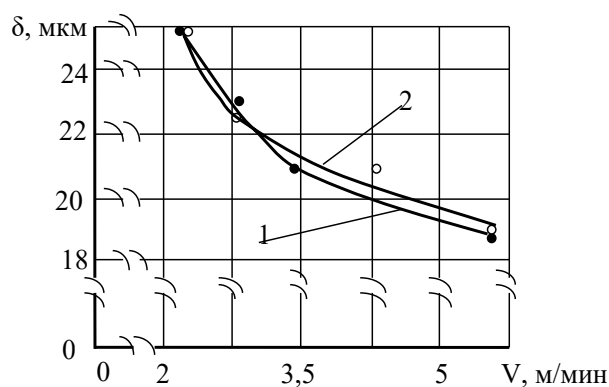


Рисунок 6 – Зависимость глубины дефектного поверхностного слоя от скорости резания при сверлении сверлами с двухплоскостной заточкой:
1 – подача 0,2 мм/об; 2 – 0,25 мм/об

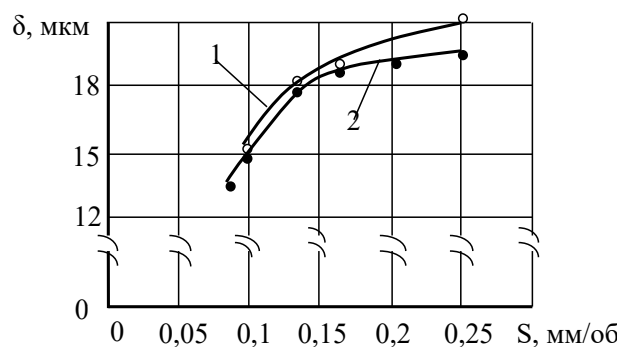


Рисунок 7 – Зависимость глубины дефектного поверхностного слоя от подачи при сверлении сверлами с двухплоскостной заточкой:
1 – V = 4,32 м/мин; 2 – V = 5,53 м/мин

Таким образом, были получены зависимости глубины дефектного слоя от скорости резания на подачах 0,2 и 0,25 мм/об (таблица 3) и от подачи на скоростях резания 4,32 и 5,53 м/мин (таблица 4).

Таблица 3 – Результаты аппроксимации зависимостей глубины дефектного поверхностного слоя от скорости резания

№	Зависимости для S = 0,2 мм/об	r	№	Зависимости для S = 0,25 мм/об	r
1	$\delta = 28,48 - 2,073V$	0,83	4	$\delta = 27,78 - 1,59V$	0,95
2	$\delta = 33,42V^{-0,375}$	0,94	5	$\delta = 29,4677V^{-0,233}$	0,92
3	$\delta = 29,604 \cdot e^{0,098V}$	0,81	6	$\delta = 28,62 \cdot e^{-0,0735V}$	0,96

Таблица 4– Результаты аппроксимации зависимостей глубины дефектного поверхностного слоя от подачи

№	Зависимости для V = 4,32 м/мин	r	№	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

$$\delta = 28,62e^{-0,0735V}, \tag{1}$$

$$\delta = 31,36S^{0,3134}, \tag{2}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \delta = 20,646S^{0,3134}e^{-0,0735V}, \\ \delta = 44,2S^{0,3134}e^{-0,0735V}. \end{array} \right. \tag{3}$$

$$\tag{4}$$

Результаты сравнительного анализа зависимостей позволили определить наиболее адекватные из них (1) и (2), которые и были приняты за основу для построения математической модели (3) и (4), в которой зависимость (3) предназначена для варьирования подачей на скорости резания V = 5,53 м/мин, а зависимость (4) – варьирования скоростью резания на подаче S = 0,25 мм/об.

Проверка адекватности математической модели результатам исследований показала, 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. Экспериментально определено влияние параметров режима резания на показатели качества поверхностного слоя отверстий, обработанных сверлением. Доказано, что с увеличением скорости резания глубина дефектного поверхностного слоя отверстий уменьшается, а с увеличением подачи – увеличивается.

Разработана математическая модель, позволяющая с высокой точностью рассчитать глубину дефектного поверхностного слоя отверстий, обработанных сверлением в зависимости от скорости резания и подачи.

Поступила: 24.02.22; рецензирована: 10.03.22; принята: 14.03.22.

Литература

1. *Рагрин Н.А.* Разработка методов повышения качества отверстий, обработанных сверлением / Н.А. Рагрин, У.М. Дыйканбаева // Научное обозрение. М.: Наука образования, 2020. № 1. С. 32–48.
2. *Дыйканбаева У.М.* Повышение качества поверхностного слоя просверленных отверстий, обработанных сверлением / У.М. Дыйканбаева, Н.А. Рагрин // Известия КГТУ. Бишкек, 2021. № 2(58). С. 21–25.
3. *Рагрин Н.А.* Повышение качества поверхностного слоя отверстий / Н.А. Рагрин, У.М. Дыйканбаева, А.А. Айнабекова, Д.М. Курганова // Вестник КРСУ. 2021. Т. 21. № 12. С. 112–118.