

П. И. ЯЩЕРИЦЫН, Э. М. ДЕЧКО, Э. Я. ИВАШИН, В. И. ДОЛГОВ

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ПРИ СВЕРЛЕНИИ СТАЛЕЙ ШНЕКОВЫМИ СВЕРЛАМИ

Значительное место в обработке металлов резанием занимает операция сверления, на долю которой приходится, например, на автоматических линиях, до 50% всех работающих шпинделей, а в общем производстве режущих инструментов сверла занимают около 30%.

Одна из наиболее сложных и трудоемких операций — это получение отверстий диаметром до 20 мм с отношением глубины отверстия к его диаметру свыше пяти—десяти. В этом случае, кроме сложности самого процесса резания при сверлении, весьма неблагоприятны условия удаления стружки из зоны резания и подачи охлаждающей жидкости. Необходимы также специальные заточки и конструкции режущих инструментов, приспособления, сложная кинематика станков, чтобы обеспечить периодический вывод инструмента из отверстия для удаления стружки, подать СОЖ под необходимым давлением, придать инструменту определенное направление для получения более высокой точности размеров отверстий.

Для высокопроизводительной обработки глубоких отверстий используются различные конструкции специальных сверл, в частности, при сверлении отверстий в сталях и чугунах на глубину до ста диаметров применяются сверла с углом наклона винтовой канавки 60°: шнековые (рис. 1). Большой угол наклона винтовой канавки, специальная форма передних поверхностей обеспечивают устойчивое дробление и отвод стружки из зоны резания без периодических выводов инструмента из отверстия.

Стружкообразование. Специфика работы спиральных сверл, используемых для глубокого сверления, привела к условному разделению рабочей части сверла на режущую и транспортирующую, причем углы заточки режущей части не зависят от угла наклона винтовой канавки и позволяют использовать оптимальные углы резания в зависимости от обрабатываемого материала.

В процессе исследования параметров рабочей части сверл и стабильных условий отвода стружки из зоны резания изучались некоторые вопросы стружкообразования при глубоком сверлении стали 45 (НВ 197) шнековыми сверлами диаметром 5 + 16 мм.

Известно, что при резании пластичных материалов образуется сливная, суставчатая и элементная стружка. При сверлении отверстий в ста-

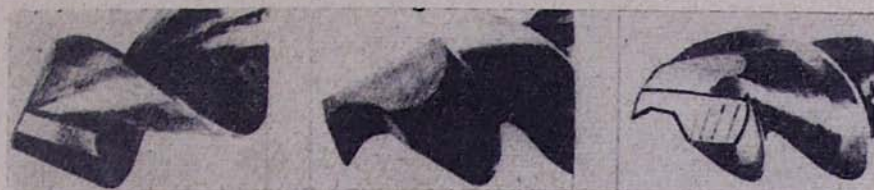
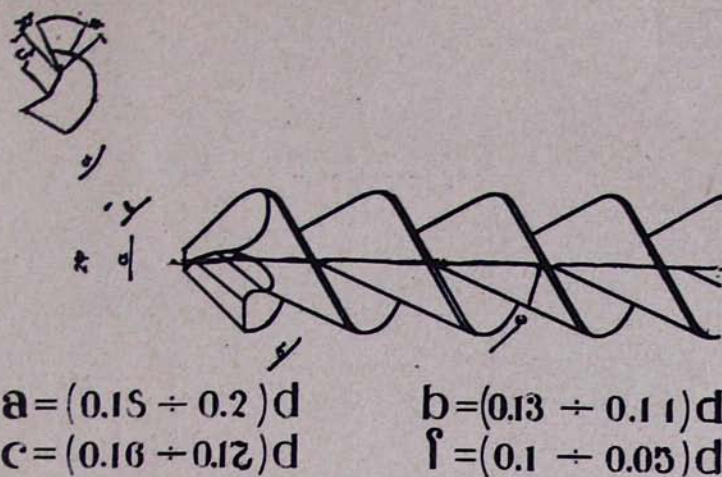


Рис. 1. Шнековое сверло.

ли 45 шнековыми сверлами, имевшими заточку передней поверхности в виде выкружки, образовывалась сливная стружка длиной 30—80 мм, которая навивалась на сверло, заполняла винтовые канавки, а на выходе из отверстия упиралась в кондукторную плиту, наматывалась на сверло и препятствовала подаче СОЖ в отверстие. Стойкость шнековых сверл с выкружкой при прочих одинаковых геометрических параметрах была в 1,3 раза ниже, чем сверл с трапецидальной заточкой передней поверхности, которая позволила получить дробленую стружку определенной формы и размеров (рис. 2).

Для определения размеров частиц стружки при различных параметрах режимов резания использовался ситовый анализ [1]. Фракционный состав стружки позволяет установить наличие колебаний величины частиц стружки, ее состав, стабильность дробления при различных режимах резания и определить оптимальные условия работы сверла с точки зрения стружкоотвода (табл. 1).

Например, для шнекового сверла диаметром 12 мм при подаче 0,17 мм/об и глубине сверления 15d, в диапазоне скоростей резания от 15 до 19,4 м/мин размеры частиц стружки колебались в пределах от 0,25 до 10 мм. Основная масса стружки, до 80%, сосредоточена на ситах с размерами ячеек 3—5 мм, что свидетельствует об устойчивом и надежном ее дроблении. Спиральная стружка наблюдается только в момент вре-

Таблица 1

Фракционный состав стружки

Обработанный материал ст. 45, d=12 мм; S=0,17 мм/об

Серия опытов	Режимы резания	Размеры ячеек сит, мм Навес ка	10	-10 +7	-7+5	-5+3	-3+2	-2+1	-1 +0,5	-0,5+0,25	0,25	Сумма всех весов	Разность между на- веской и суммой
I	n=400 v=15,5	200z %/a	0	1,915	5,685	145,126	28,837	12,915	4,68	0,0587	0	199,217z.	0,783
			0	0,96	2,85	72,8	14,5	6,5	2,35	0,03	0	99,99%	0,39
II	n=530 v=20,7	200z %/a	0	0	1,633	152,63	28,108	13,626	3,800	0	0	199,797z.	0,203
			0	0	0,82	76,4	14,0	6,8	1,9	0	0	99,92%	0,1
III	n=750 v=29,4	200z %/e	0	0	2,101	159,948	25,52	8,39	3,285	0,351	0	199,595	0,405
			0	0	1,1	79,9	12,8	4,2	1,64	0,17	0	99,81%	0,2

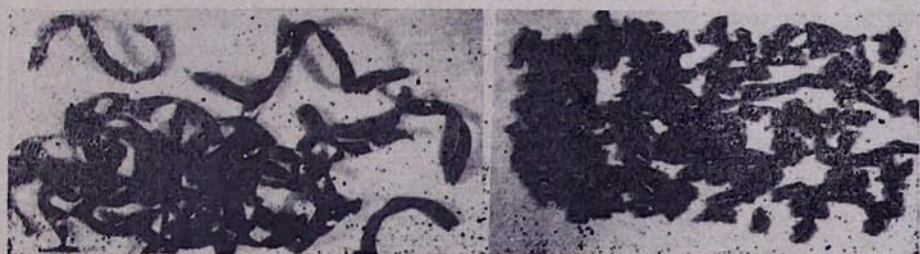
зависания, пока уголки сверла не погрузились в заготовку. После этого, не имея свободного выхода и подвергаясь действию со стороны стружколома (стружколом получается вследствие трапецидальной заточки передней поверхности), стенок канавки сверла и стенок отверстия, стружка дробится на отдельные частицы. Дальнейшее увеличение глубины



$$l = (0 \div 5,0) d$$



$$l = (5,0 \div 10,0) d$$



$$l = (10,0 \div 15,0) d$$

Рис. 2. Типы стружек при обработке стали шнековыми сверлами:

- а) с выкружкой на передней поверхности;
- б) с трапецидальной заточкой.

сверления практически не сказывается на характере образования и форме стружки, что подтверждается в этих условиях незначительным увеличением сил и температур резания. Аналогичные результаты получены при изменении подачи сверла в пределах от 0,065 до 0,22 мм/об. При данной заточке обеспечивается устойчивое дробление стальной стружки и для меньших диаметров сверл, что позволило получать отверстия диа-

метром 5 мм и глубиной до 500 мм в стенках цилиндров шахтной крепи из стали 35.

Стружка при работе шнекового сверла претерпевает значительные пластические деформации. Для определения величины ее усадки использовались металлографический анализ корней стружек, весовой метод и способ получения отдельных элементов стружки, разработанный в Белорусском политехническом институте [2]. В последнем случае применяются специальные образцы, позволяющие снимать стружку с кольца, разделенного канавками на равные части.

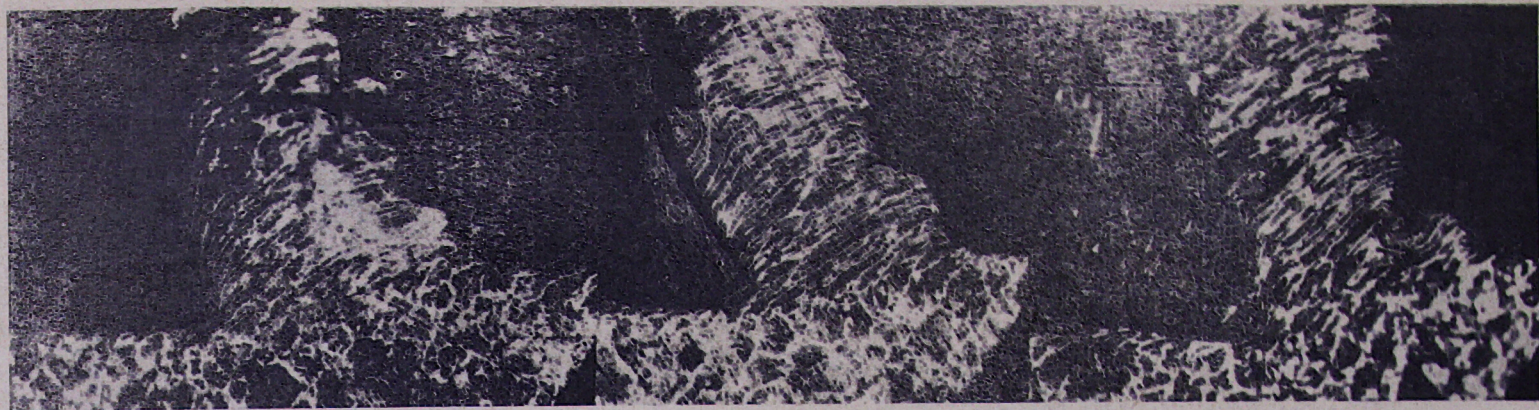
Анализ микрофотографий корней стружек (рис. 3) показывает, что для шнековых сверл с трапецидальной заточкой в зоне резания наблюдаются закономерности, подобные другим процессам резания. Зону деформации около режущего лезвия можно рассматривать как область, со множеством поверхностей скольжения, по которым происходят пластические сдвиги.

Слои стружки, соприкасающиеся с передней поверхностью сверла, имеют четкую текстуру в направлении, обратном сходу стружки. При возрастании скорости резания на передней поверхности образуется нарост, который при $V=7-15$ м/мин принимает максимальные размеры, а затем исчезает, что, в свою очередь, изменяет действительный передний угол и меняет область наибольших пластических деформаций. Коэффициент усадки стружки в исследованном диапазоне скоростей резания находился в пределах 1,5—4, а в зоне скоростей резания, обеспечивающей 200-минутную стойкость ($d=12$ мм, $l/d=15$), усадка стружки для шнековых сверл в 1,3—1,4 раза больше, чем для стандартных (рис. 4а). Аналогичные данные получены и при исследовании влияния подачи (рис. 4б) на усадку стружки.

Силы резания. В результате исследования динамики процесса сверления шнековыми сверлами установлено, что при увеличении глубины сверления (скорость резания и подача постоянны) силы резания растут незначительно, например, для сверла диаметром 8 мм при глубине отверстия 240 мм осевое усилие и крутящий момент возросли на 3—5%.

Зависимость сил резания от режимов резания изучались в диапазоне скоростей 2—42 м/мин и подач 0,065—0,3 мм/об (рис. 4а, б). Силы резания уменьшаются при достижении скоростей резания 18—20 м/мин, а затем практически остаются постоянными. Уменьшение сил резания связано с процессом наростообразования и изменением действительных углов резания, вызывающих изменение условий деформаций. Закономерности изменения сил резания в зависимости от V , S , d для шнековых сверл подобны спиральным.

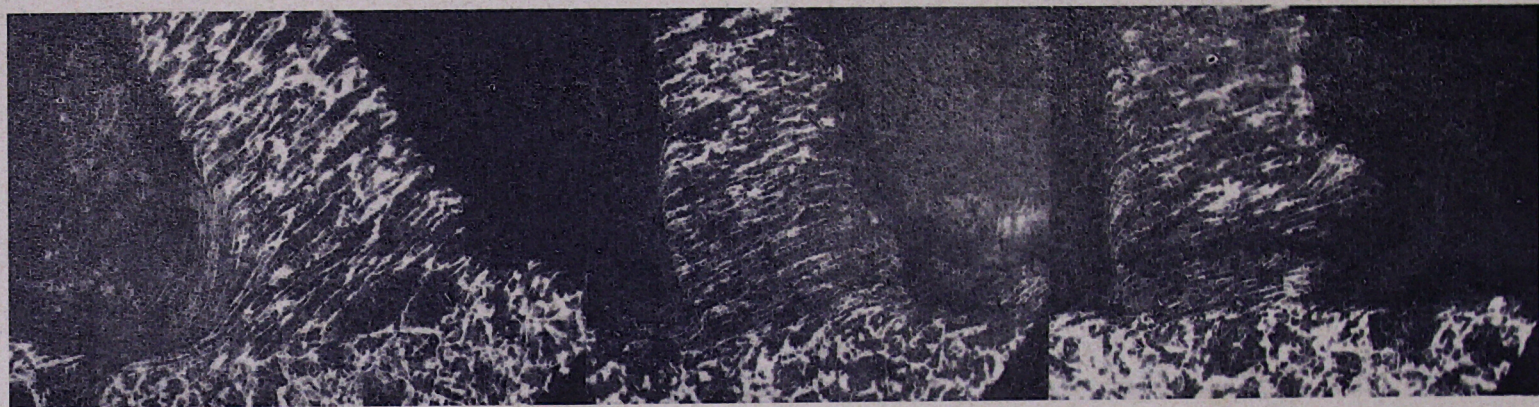
Температуры резания. Температура в зоне резания измерялась различными методами, основанными на принципе термопар: искусственной, полусинтетической и естественной (рис. 5, а—г) [3]. Исследовано влияние на температуру в зоне резания режимов обработки, глубины сверления, диаметра сверл и условий охлаждения (рис. 4а, б). Установлено, что применение эмульсии позволяет снизить температуру в 1,4—2 раза, причем



5,6 м/мин.

7,6 м/мин.

10,8 м/мин.



15,5 м/мин.

20,7 м/мин.

29,4 м/мин.

Рис. 3. Корни стружек при различных скоростях резания.

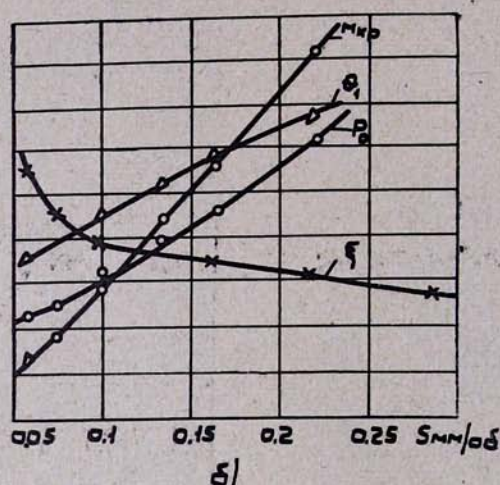
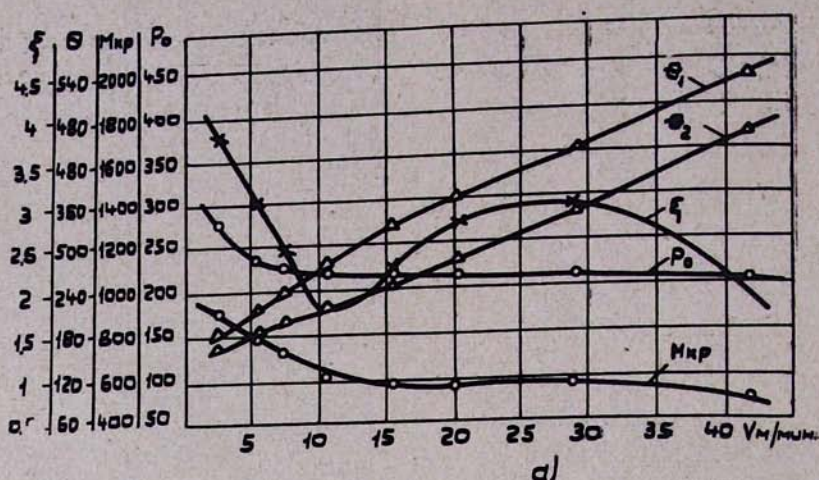


Рис. 4 Влияние режимов резания на усадку стружки (ξ), температуру резания (θ_1 — без СОЖ; θ_2), силу резания ($M_{кр}$; P_0).

более значительно СОЖ влияет до глубины сверления равной $8 \div 10$ диаметрам. При дальнейшем увеличении глубины сверления СОЖ, вероятно, в меньшей степени проникает непосредственно к режущим лезвиям и температура повышается.

На шнековых сверлах диаметром 8 мм ($S=0,1$ мм/об; $V=20$ м/мин) было установлено распределение температур (рис. 6) вдоль режущих лезвий. Константовая проволока располагалась под некоторым углом к оси сверла (рис. 5, г), что обеспечило ее постепенное перерезание различными точками лезвий сверла по мере углубления его в отверстие и

позволило зафиксировать в этих местах температуру резания, максимальные величины которой для $d=8$ мм достигали 340°C . Принятые методики измерения температуры позволили установить, что для шнековых сверл малых диаметров наибольшее количество теплоты концентриру-

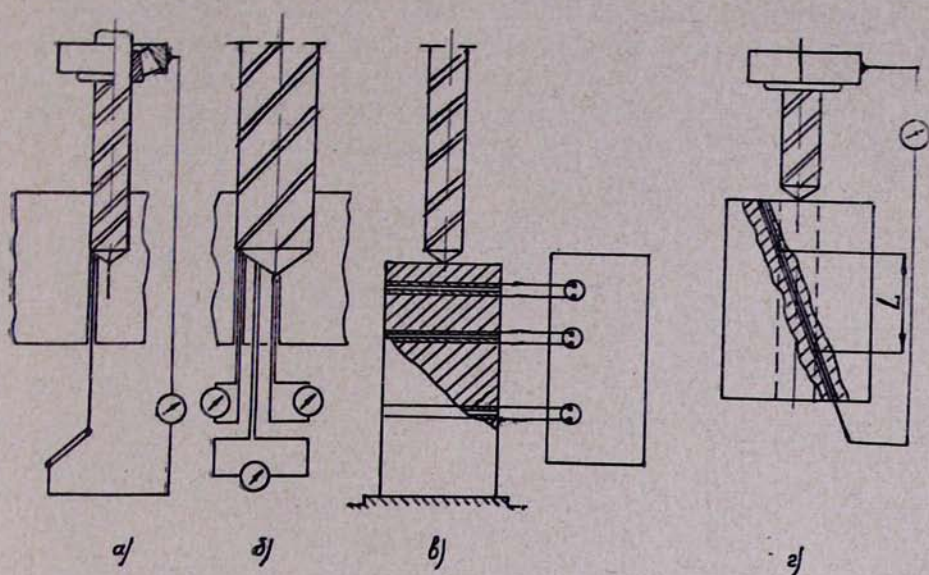


Рис. 5. Схемы измерения температуры резания при сверлении:

а, г — метод полусинтетической термопары;
б, в — метод искусственной термопары.

ется на режущих лезвиях ближе к перемычке, а на сверлах диаметром более 12 мм максимальные температуры смещаются к зоне уголков. Указанное явление можно объяснить следующими обстоятельствами. Шнековые сверла имеют массу, меньшую, чем спиральные, а передние и задние углы затачиваются постоянными по всей длине лезвий. Вследствие этого для сверл малых размеров в большей степени сказывается уменьшение заднего угла в процессе резания и происходит затирание задних поверхностей в областях, близких к перемычке, о чем свидетельствует интенсивный износ. Для сверл больших размеров условия отвода тепла через сердцевину вследствие возрастания массы инструмента улучшаются, кроме того, улучшаются условия подвода СОЖ.

Анализ закономерностей процесса резания при сверлении показывает, что для шнековых сверл существует определенная взаимосвязь коэффициента усадки стружки, сил и температуры резания от режимов резания, которая подобна закономерностям, установленным, например, при точении.

Увеличение скорости вызывает повышение температуры в зоне резания, увеличивает или уменьшает действительный передний угол из-за процесса наростообразования, что приводит к изменению сил резания и усадки стружки. В зоне низких скоростей (до 12 м/мин) уменьшается

угол резания в связи с увеличением нароста, уменьшается усадка стружки ($\zeta = 1,75$) и снижаются силы резания в 1,2—1,5 раза.

В зоне средних скоростей резания наблюдается дальнейший рост температуры и увеличение угла резания за счет уменьшения нароста. При скоростях резания более 30 м/мин дальнейший рост температур приводит к уменьшению степени деформации срезаемого слоя металла, исчезновению нароста, снижению сил резания, что обычно объясняется уменьшением коэффициента трения и снижением характеристик пластичности деформируемого металла под влиянием синеломкости.

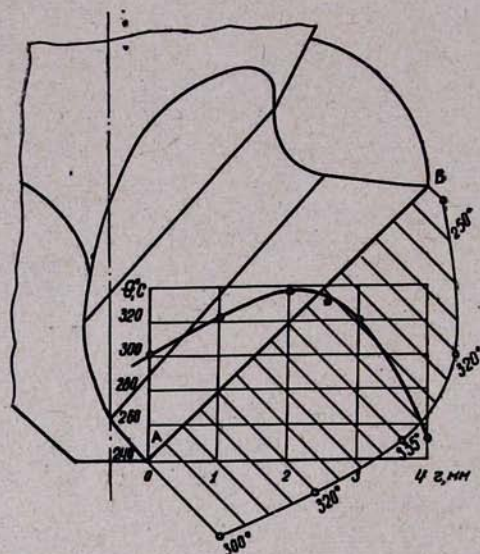


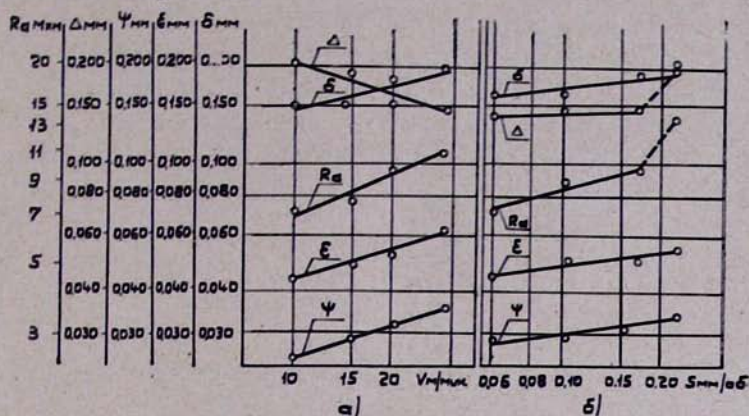
Рис. 6. Распределение температуры вдоль режущего лезвия АВ шнекового сверла.

Характерно, что при увеличении глубины сверления силы резания и температуры возрастают незначительно, что свидетельствует о надежном дроблении стружки и хороших условиях ее отвода из зоны резания по мере углубления сверла в обрабатываемый материал.

Точность отверстий. Поскольку с точки зрения практики для технологов и конструкторов необходимы данные по точности глубоких отверстий, полученных шнековыми сверлами, были проведены исследования закономерностей точностных показателей (отклонение диаметра отверстия, погрешности формы в продольном и поперечном сечении, положения и направления оси отверстия, шероховатости поверхности) в зависимости от диаметров и геометрии шнекового сверла, режимов резания, глубины сверления и износа инструмента, параметров кондукторных втулок, схем сверления и марок обрабатываемых материалов. Для контроля точностных параметров использовались нутромер с ценой деления отсчетного устройства 0,002 мм, кругломер модели 218, профилограф-профилометр модели 201 с приставкой, позволяющей измерять шерохова-

тость поверхности 1—4-го классов. Увод оси определялся на специальном приборе [4].

Влияние режимов резания на точностные показатели проверялось для шнековых сверл диаметром 6—12 мм в диапазоне подач 0,06—0,22 мм/об, скоростей резания 10—30 м/мин при вертикальной и горизонтальной схемах сверления.



размера диаметра сверла, вызывают особенно резкое возрастание увода оси отверстия (в 1,5 раза) и увеличение высоты микронеровностей (в 2 раза). Кроме того, выявлено, что при горизонтальной схеме сверления в связи с худшими условиями отвода стружки и проникновения СОЖ в отверстие увод оси в 1,3 раза больше, чем при вертикальной.

Таким образом, шнековые сверла позволяют в исследованном диапазоне скоростей резания и подач получить отверстия по 5-му классу точности, шероховатость поверхности по 4 классу, погрешности форм и расположения оси отверстия по X—XI степени точности.

В настоящее время шнековые сверла используются на промышленных предприятиях Минска, Москвы, Ленинграда, Риги и других городов, а их производство в промышленных масштабах налажено на Вильнюсском заводе сверл.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. В. Самсонов, С. Я. Плоткин, Производство железного порошка, М., Металлургиздат, 1957.
2. Э. Я. Ивашин, Э. М. Дечко, Способ получения элементов стружки. Авторское свидетельство № 276692. Официальный бюллетень комитета по делам изобретений и открытий при СМ СССР, № 23, 1970.
3. Э. Я. Ивашин, Э. М. Дечко, Способ определения температуры режущего инструмента. Авторское свидетельство № 263215. Официальный бюллетень Комитета по делам изобретений и открытий при СМ СССР, № 7, 1970.
4. В. И. Долгов, С. С. Костюкович, Э. М. Дечко, Устройство для контроля глубоких отверстий. Авторское свидетельство № 297858. Официальный бюллетень Комитета по делам изобретений и открытий при СМ СССР, № 10, 1971.