ИЗВЕСТИЯ
ТОМСКОГО ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА имени С. М. КИРОВА

Том 133 1965

СВЕРЛЕНИЕ ЖАРОПРОЧНЫХ СТАЛЕЙ ЭИ316, Х25СН3Д и 1Х18Н9Т (ЭЯ1Т) БЫСТРОРЕЖУЩИМИ СВЕРЛАМИ

А. М. РОЗЕНБЕРГ, Д. В. КОЖЕВНИКОВ, А. Г. ДОЛОДАРЕНКО

В современной технике широко применяются жаропрочные и нержавеющие стали, среди них большое место занимают стали на хромоникилевой основе.

В данной работе проводилось исследование процесса сверления литых жаропрочных сталей ЭИ316 и Х25СН3Д (по корке и без корки) и стали 1Х18Н9Т (горячекатанная).

Сверление сталей ЭИ316 и Х25СН3Д осуществлялось в основном быстрорежущими сверлами из сталей: Р18, Р18Ф2, Р9К5, Р9К10. Попытка применения сверл, оснащенных пластинками твердого сплава ВК8, не увенчалась успехом. Режущие кромки быстро выкрашивались, в зоне резания развивалась высокая температура и при резании всухую наблюдались случаи отпаивания пластинок.

Быстрорежущие сверла имели диаметры $17 \div 20$ *мм*, стандартную геометрию и заточку режущей части. Подача в опытах оставалась постоянной и равнялась 0,235 *мм/об*.

Все опыты проводились с охлаждением 5%-ным водным раствором эмульсии. Глубина сверления составляла $2 \div 3$ диаметра без выхода сверл из заготовки. Износ сверл периодически замерялся непосредственно в шпинделе станка специально изготовленным приспособлением.

Картина характерного износа сверла представлена на рис. 1 (увеличено в 4 раза). Фаска износа видна как белая блестящая полоска, увеличивающаяся по ширине вдоль режущей кромки от поперечной режущей кромки сверла к периферии. На передней поверхности сверла износа не наблюдалось совсем. Зато по задней поверхности сверла (особенно на периферийных уголках) фаски имеют большую ширину и хорошо заметны. При измерении износа определялась ширина фаски износа на средине режущей кромки (h) и около уголков ($h_{уг}$).

Для случая исследования оптимального заднего угла результаты измерений величины максимального износа приведены в табл. 1.

Результаты измерений величины максимального износа при определении оптимального концевого угла приведены в табл. 2.

Из табл. 1 и 2 видно, что виличины износа сверл (h и $h_{уг}$) не являются достаточно стабильными, поэтому принять какой-либо из них за критерий износа не представляется возможным. Продолжение сверления после окончательного затупления и наступления вибрации при-

Таблица 1

№ опыта	№ сверла	α в град.	V м/мин	T/мин	h/мм	$h_{уг}$/мм	Примечание
1	59	21°20′	11,83	5,43	0,15	1,4	
2	„	14°11′	„	53,0	0,18	1,4	
3	„	9°50′	„	23,3	0,2	1,4	
4	„	5°55′	„	14,0	0,2	0,8	
5	„	3°53′	„	7,1	0,15	1,0	
6	60	20°30′	12,6	4,05	0,2	1,5	
7	„	14°58′	„	25,8	0,3	1,0	
8	60	9°24′	12,6	16,8	0,3	1,5	
9	—	4°32′	„	14,75	0,35	1,0	
10	19	19°40′	13,1	10,8	0,3	0,3	Сгорела вершина сверла
11	„	14°50′	„	23,4	0,3	2,0	Сверло приварилось
12	„	9°17′	„	5,28	0,2	1,5	
13	„	4°17′	„	6,01	0,3	1,2	

Таблица 2

№ опыта	№ сверла	2φ в град.	V м/мин	T/мин	h/мм	$h_{уг}$/мм	Примечание
1	54	138°47′	11,83	8,23	0,2	1,2	
2	16	127°39′	„	32,2	0,2	1,4	
3	59	118°4′	„	53,0	0,18	1,4	
4	58	109°29′	„	42,6	0,3	1,0	Выкрошились реж. кр.
5	54	88°7′	„	19,9	0,25	1,5	
6	52	139°57′	12,6	4,58	0,2	1,5	
7	„	130°4′	„	4,88	0,2	1,5	
8	60	120°5′	„	25,8	0,3	1,0	
9	52	106°	„	23,2	0,2	1,3	
10	„	88°48′	„	16,9	0,2	1.3	
11	53	129°33′	13,1	8,63	0,3	1,5	
12	19	120°	„	23,4	0,3	1,4	
13	59	107°37′	„	15,4	0,2	1,0	Сгорела вершина сверла
14	„	99°45′	„	12,1	0,2	1,3	
15	„	88°	„	6,42	0,2	0,8	

водит к поломке сверл, к быстрому оплавлению уголков и привариванию сверл в отверстии болванки.

В связи с вышеуказанным построение всех зависимостей проводилось по конечным стойкостям, что соответствует принятому в настоящее время правилу проводить испытания инструмента из быстрорежущих сталей до окончательного затупления.

В настоящее время в инструментальной промышленности появились новые марки быстрорежущих сталей: Р9К5, Р9К10 (с повышенным содержанием кобальта) и Р18Ф2 (с повышенным содержанием ванадия), которые предназначаются в основном для обработки труднообрабатываемых и жаропрочных материалов.

В литературе нет исследований по применению новых марок быстрорежущих сталей для сверления жаропрочных сталей.

В первой серии опытов проводилось сравнение режущих качеств сверл из различных марок быстрорежущих сталей.

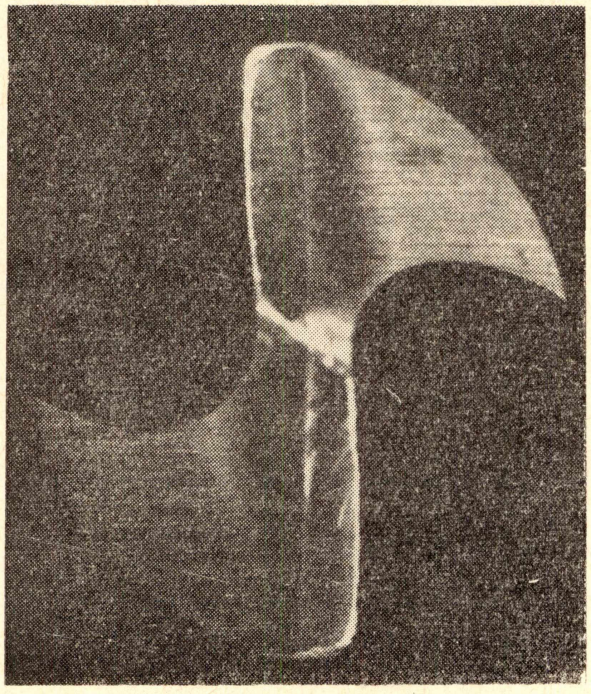


Рис. 1.

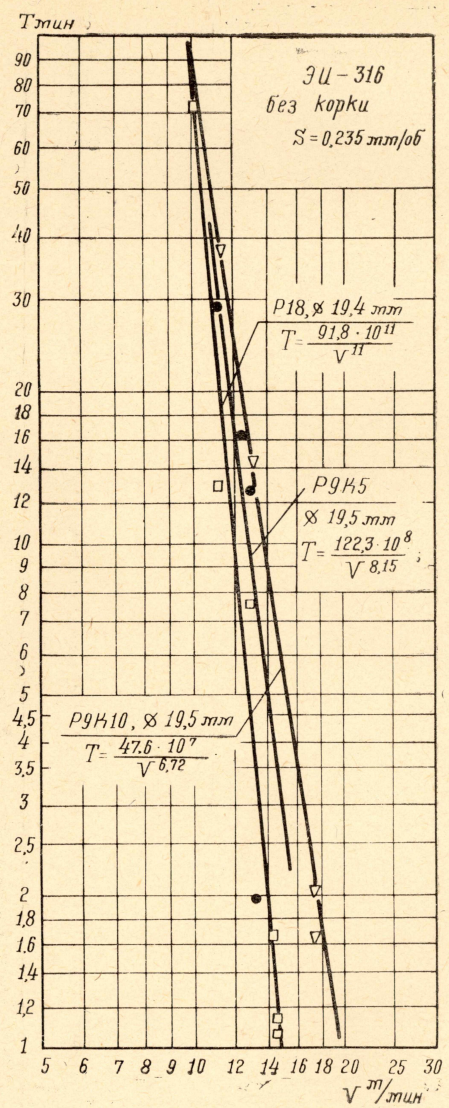
Установлено, что наилучшими режущими качествами при обработке сталей ЭИ316 и Х25СН3Д обладает сталь Р9К10 (рис. 2). Применение ее для обработки жаропрочных сталей особенно эффективно при тяжелых условиях сверления. Так, при сверлении стали ЭИ316 по корке скорость резания может быть увеличена в 1,4 ÷ 1,5 раза по сравнению со сверлами из стали Р18. В других случаях (ЭИ316 без корки и Х25СН3Д по корке и без корки) скорость резания при постоянной стойкости выше в 1,1 ÷ 1,15 раза. При сверлении стали IXI8H9T режущие качества сверл из сталей Р18 и Р9К10 приблизительно равноценны.

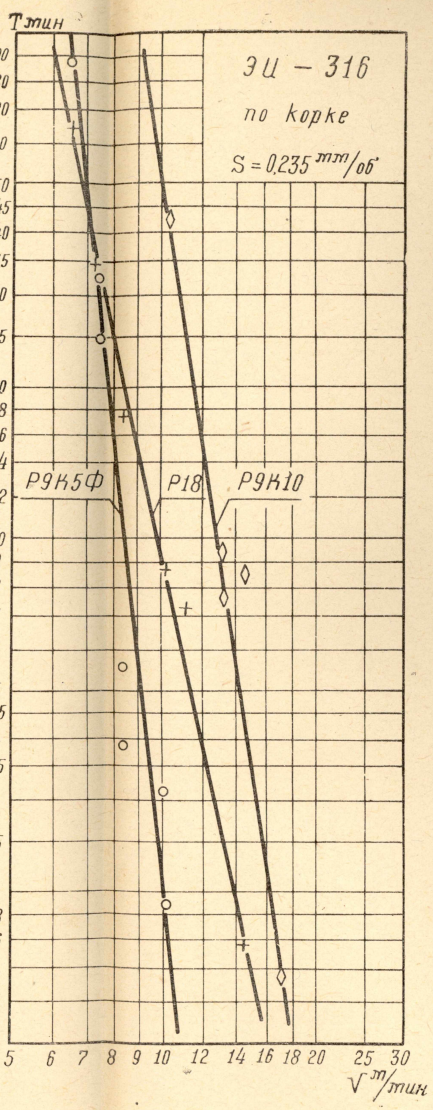
Сверла из быстрорежущей стали Р9К5 оказались менее стойкими, чем предыдущие быстрорежущие стали.

Обработку жаропрочных сталей при стойкости, равной 20 мин и $S = 0{,}235$ *мм/об*, следует производить со следующими скоростями резания: сталь ЭИ316 при 11 ÷ 13 *м/мин*, Х25СН3Д при 15 ÷ 17 *м/мин* (меньшее значение в случае сверления по корке), сталь IXI8H9T со скоростью 25 *м/мин*.

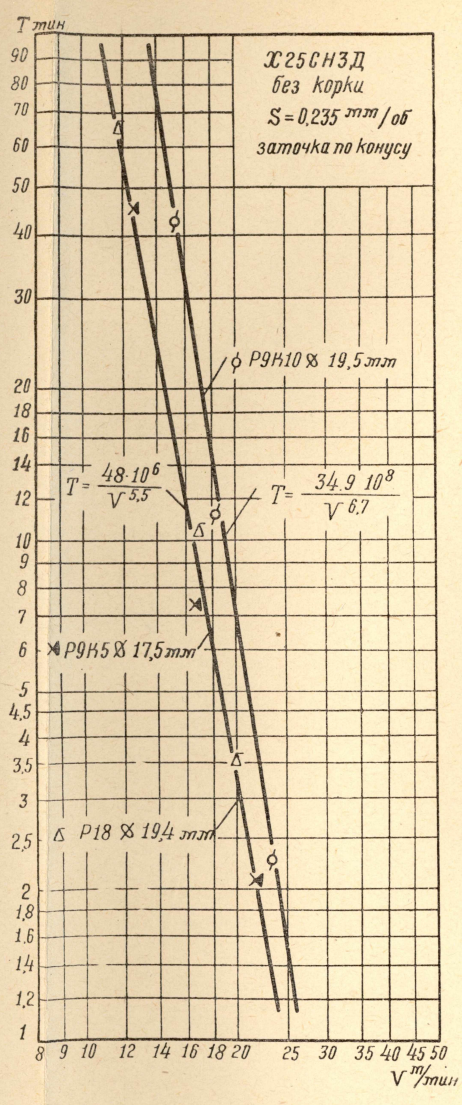
Высокие режущие качества стали Р9К10 и ее хорошее сопротивление абразивному износу связано с повышенной твердостью сверл после термообработки.

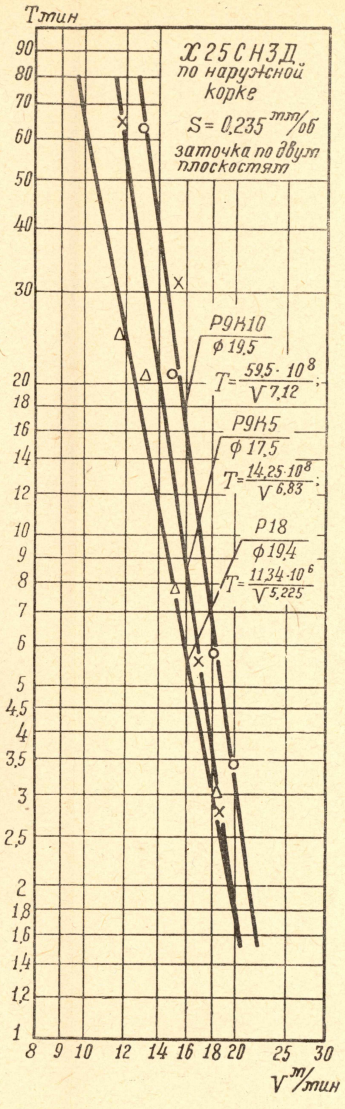
Сравнение режущих качеств сверл из сталей Р18Ф2 и Р18 показывает, что при обработке жаропрочных сталей ЭИ316 и Х25СН3Д они равноценны, а при обработке стали IXI8H9T сверла из стали Р18Ф2 имеют скорость резания на 5—8% выше, чем сверла из стали Р18.


T мин
ЭИ – 316
без корки
S = 0,235 мм/об
Р18, ⌀ 19,4 мм
T = 91,8 · 10^11 / V^11
Р9К5
⌀ 19,5 мм
T = 122,3 · 10^8 / V^8,15
Р9К10, ⌀ 19,5 мм
T = 47,6 · 10^7 / V^6,72
V м/мин


T мин
ЭИ – 316
по корке
S = 0,235 мм/об
Р9К5Ф
Р18
Р9К10
V м/мин

а)


T мин
Х25СН2Д
без корки
S = 0,235 мм/об
заточка по конусу
Р9К10 ⌀ 19,5 мм
T = 48 · 10^6 / V^5,5
T = 34,9 · 10^8 / V^6,7
Р9К5 ⌀ 17,5 мм
Р18 ⌀ 19,4 мм
V м/мин


T мин
Х25СН2Д
по наружной
корке
S = 0,235 мм/об
заточка по двум
плоскостям
Р9К10
ф 19,5
T = 595 · 10^8 / V^7,12
Р9К5
ф 17,5
T = 14,25 · 10^8 / V^6,83
Р18
ф 19,4
T = 11,34 · 10^6 / V^5,225
V м/мин

б)

Рис. 2.

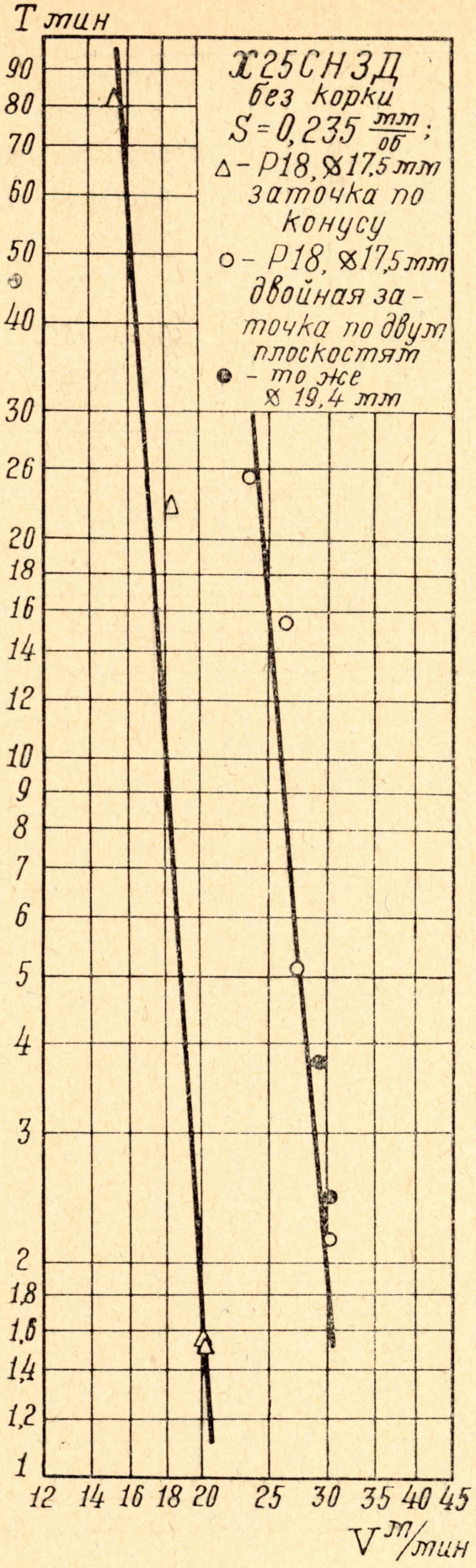

T мин
90
80
70
60
50
40
30
26
20
18
16
14
12
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1,8
1,6
1,4
1,2
1
12 14 16 18 20 25 30 35 40 45
V м/мин
Х25СН3Д
без корки
S = 0,235 мм/об;
Δ – Р18, ⌀17,5 мм
заточка по
конусу
○ – Р18, ⌀17,5 мм
двойная за-
точка по двум
плоскостям
● – то же
⌀ 19,4 мм

Рис. 3а

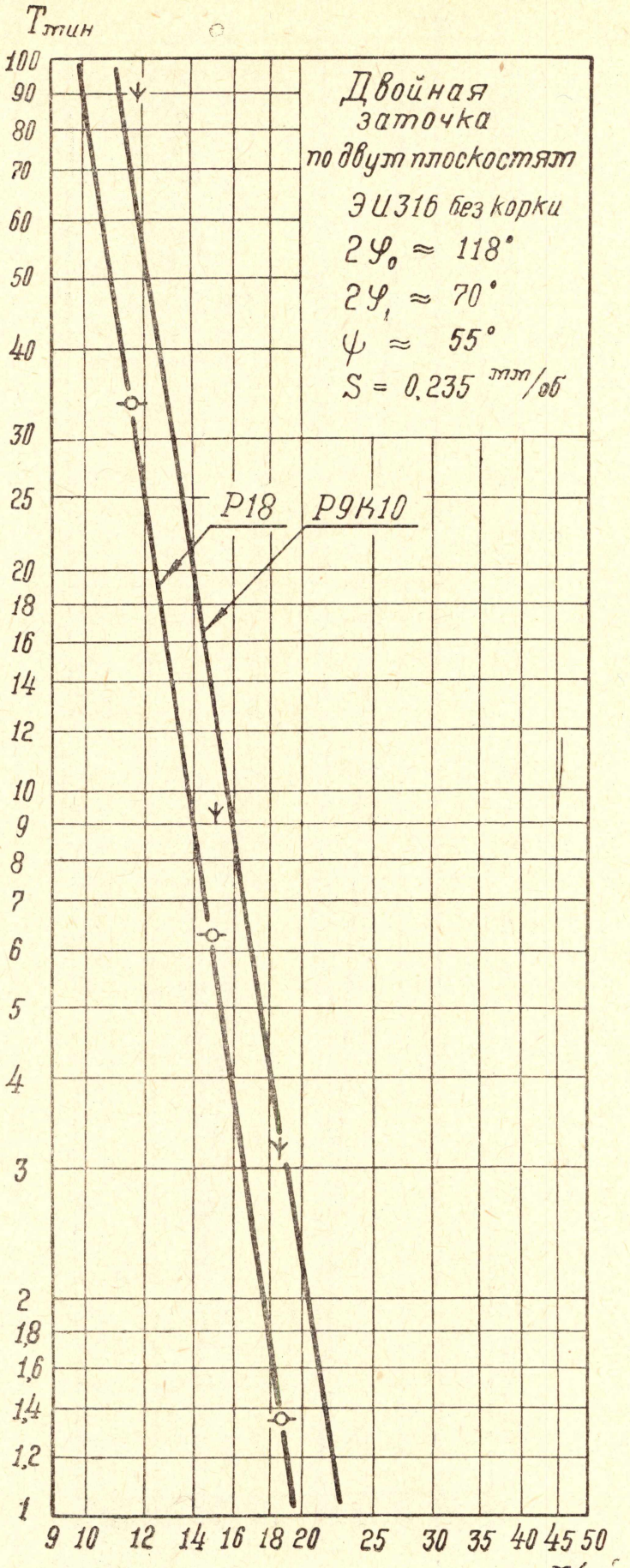

T мин
Двойная заточка по двум плоскостям
Э И 316 без корки
2φ0 ≈ 118°
2φ1 ≈ 70°
ψ ≈ 55°
S = 0,235 мм/об
Р18
Р9К10
100
90
80
70
60
50
40
30
25
20
18
16
14
12
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1,8
1,6
1,4
1,2
1
9 10 12 14 16 18 20 25 30 35 40 45 50
V м/мин

Рис. 36

Во второй серии опытов преследовалась задача отыскания более производительного метода заточки сверл. Были исследованы следующие методы заточки задней поверхности сверл: винтовая, коническая и по двум плоскостям. Установлено, что заточка сверл по винтовой поверхности на сверлозаточном полуавтомате модели 3659А создает слишком большие задние углы около поперечной режущей кромки сверла, в результате чего наблюдается выкрашивание режущих кромок.

Сравнение режущих качеств сверл, заточенных по конической поверхности (метод Уошборна) и по двум плоскостям, показывает, что они равноценны в широком изменении скоростей резания. В дальнейших опытах по исследованию геометрии заточки использовалась заточка задней поверхности сверла по двум плоскостям. Опыты проводились со сверлами из стали Р18 при обработке жаропрочных сталей без корки (корка снята строганием).

Исследовались следующие геометрические параметры: задний угол, угол при вершине, двойная заточка и угол подъема спирали.

Установлено, что оптимальными задними углами для сверл из стали Р18 при обработке стали ЭИ316 является угол $\alpha = 15°$, а при сверлении стали Х25СН3Д $\alpha = 12°$; оптимальными углами при вершине являются для ст. ЭИ316 2 $\varphi = 120°$, для стали Х25СН3Д 2 $\varphi = 110°$. Значения углов α и 2 φ для сталей ЭИ316 проверены для 3 скоростей резания: 11,83; 12,6; 13,1 метров в минуту.

Исследовалось влияние двойной заточки сверл на их стойкость. Результаты приведены на рис. 3.

По стали ЭИ316 испытывались сверла из сталей Р18 и Р9К10, а по стали Х25СН3Д только из стали Р18. Заточка осуществлялась с углами: 2 $\varphi = 118°$ и 2 $\varphi_1 = 70°$; ширина кромок вторичного конуса $C = (0{,}1 \div 0{,}15)Д$, задние углы имели оптимальные значения. По стали ЭИ316 достигнуто увеличение стойкости в два раза, а по стали Х25СН3Д в 25 раз или при постоянной стойкости $T = 20$ *мин* скорость резания возросла в 1,4 раза. Повышение стойкости происходит за счет упрочнения наиболее нагруженного периферийного уголка сверла.

Испытывались сверла с различными углами подъема спирали. При исследовании угол подъема спирали принимался: 26, 32 и 44°. Первые два значения угла не привели к увеличению стойкости сверл. Оптимальным углом подъема спирали нужно считать угол $\omega = 44°$, при котором скорость резания возрастает на 10% ($T = 20$ мин).

Из новых конструкций сверл испытывались следующие: сверла с расположением режущих кромок в одной плоскости и сверла конструкции Овчинникова П. Я. с прокатанными отверстиями для внутреннего охлаждения. Сверла с внутренним охлаждением были изготовлены из стали Р9 и показали увеличение скорости резания при обработке стали ЭИ316 в 1,2 раза, стали Х25СН3Д — в 1,1 раза по сравнению с обычными сверлами из стали Р9 и подводом эмульсии сверху, что объясняется лучшим подводом охлаждающей жидкости в зону резания, снижением температуры и улучшением отвода стружки.

Для сверл с главными режущими кромками, расположенными в одной плоскости из стали Р18, достигнуто увеличение производительности. Так, сверла ⌀ 17 мм при обработке сталей ЭИ316 и IXI8H9T позволяют работать на скоростях в 1,25 раза больше по сравнению со сверлами обычной конструкции.

Таким образом, опыты по сверлению показывают, что при использовании наиболее производительных марок быстрорежущих сталей, оптимальных геометрии заточки и конструкции сверл, можно получить повышение производительности резания при обработке литых жаропрочных сталей сверлением в 1,5 раза.