

М. Т. НАДЖАРЯН

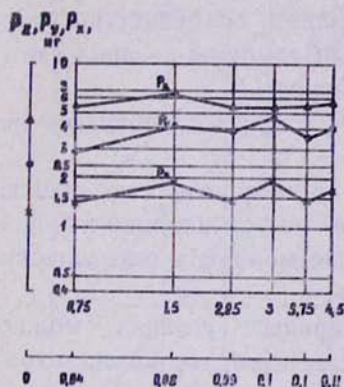
ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ НА УДЕЛЬНУЮ РАБОТУ РЕЗАНИЯ МЕДИ

Для обеспечения прогрессивных режимов эксплуатации режущего инструмента при одновременном использовании возможностей станка, в особенности при многоинструментальной обработке, необходимо иметь данные о величинах сил и работ резания при различных режимах с учетом влияния на них различных факторов.

Цель настоящей работы заключается в определении величин сил и работы при резании технически чистой меди с учетом влияния элементов режимного поля.

Для экспериментов были использованы резцы из быстрорежущей стали Р18 и резцы с пластинками твердого сплава ВК8; трехкомпонентный динамометр через усилитель на осциллографе фиксировал величины составляющих сил резания.

Резец Р18



Резец ВК8

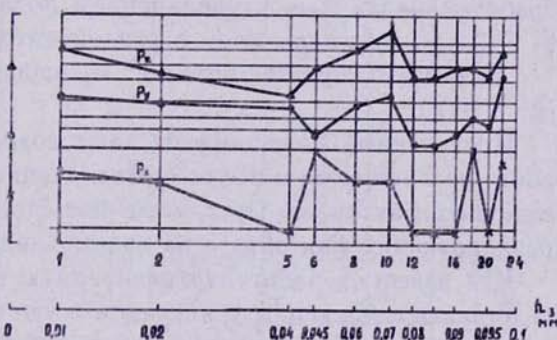


Рис. 1. Зависимость между P_z , P_y и P_x и продолжительностью резания.
Резец Р18, $\varphi=60^\circ$, $\gamma=25^\circ$.

Рис. 2. Зависимость между P_z , P_y и P_x и продолжительностью резания.
Резец ВК8, $\varphi=60^\circ$, $\gamma=35^\circ$.

Исследования показали, что сила резания при обработке меди в зависимости от продолжительности резания увеличивается, при этом заметна некоторая неустойчивость, что особенно выявляется при резании

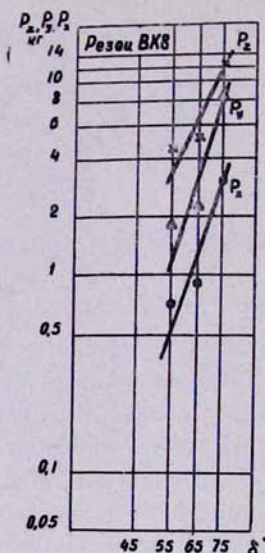
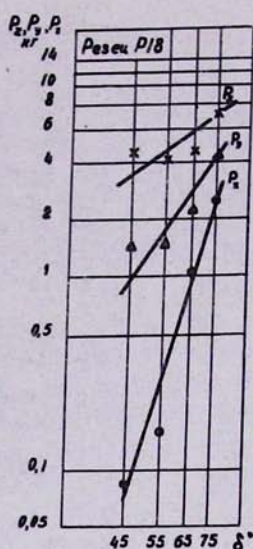


Рис. 3. Влияние угла резания на силы P_z , P_y и P_x . Резец P18, $\varphi=60^\circ$.

Рис. 4. Влияние угла резания на силы P_z , P_y и P_x . Резец BK8, $\varphi=60^\circ$.

резцами BK8 (рис. 1 и 2). Влияние угла резания на силы P_z , P_y и P_x показаны на рис. 3 и 4.

Экспериментальным путем было установлено влияние подачи и глубины резания на силы P_z , P_y и P_x (рис. 5—8). Общая закономерность, существующая для обработки металлов, сохраняется и при обработке меди, т. е. с увеличением подачи и глубины резания силы P_z , P_y и P_x увеличиваются с разной интенсивностью.

Влияние скорости резания на силы P_z , P_y и P_x показано на рис. 9 и 10.

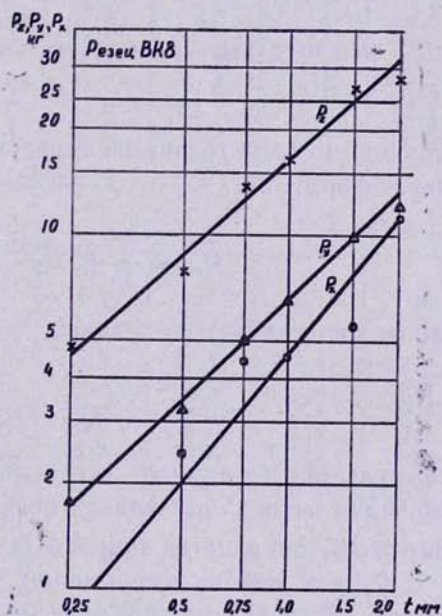
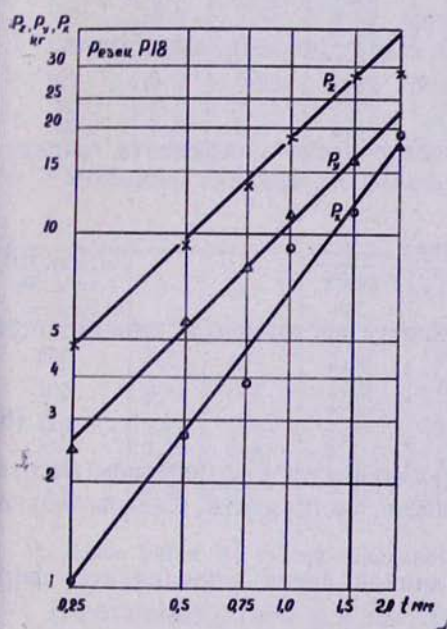
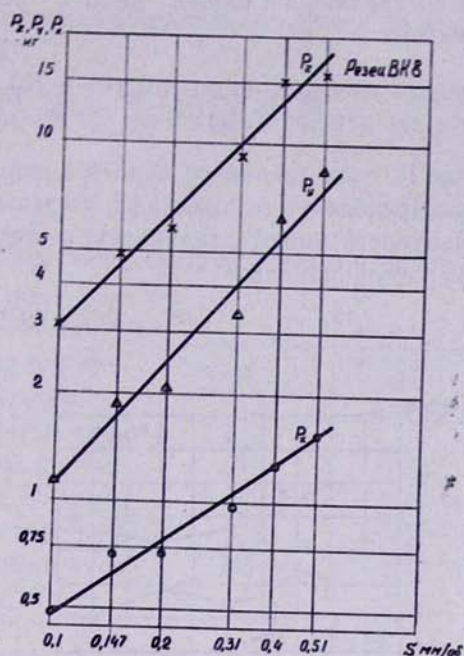
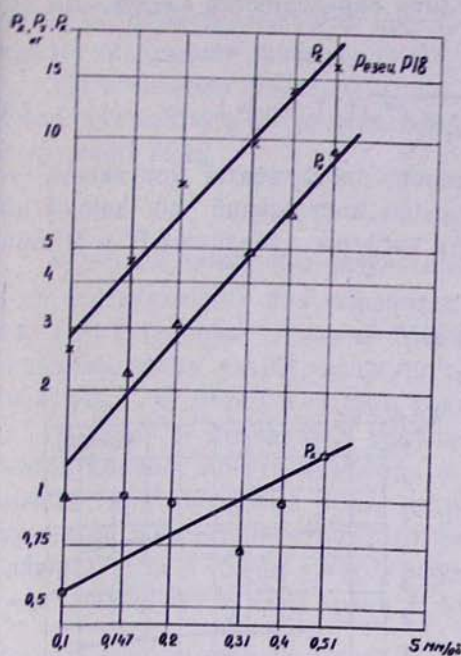
Проведенные эксперименты дают возможность определить общую работу резания меди и все ее составляющие с учетом влияния на них различных факторов. При этом появляется возможность определения преобладающих факторов и их взаимовлияния.

Как известно, работу, затрачиваемую на процесс резания, можно представить следующим уравнением с учетом того, что работой, затрачиваемой на упругую деформацию, и работой, связанной с диспергированием, можно пренебречь.

$$R = R_{пл} + R_{тп} + R_{тз} + R_{л. ср} \quad (1)$$

Работа, расходуемая на процесс резания в одну минуту, определяется

$$R = P_z \cdot V, \quad (2)$$



а составляющие общей работы резания определяются следующим образом:

$$R_{пл} = V(P_z - F' - \mu \sqrt{P_x^2 + P_y^2}) \left(1 - \frac{1}{k}\right) \quad (3)$$

где F' сила трения по задней поверхности инструмента. Допускаем, что распределения нормальных и касательных напряжений по задней поверхности имеют одинаковую форму и численно величины F' и N' примерно одинаковы

$$F' = N' = 0,252 \cdot \sigma_0 \cdot b \cdot h_3. \quad (4)$$

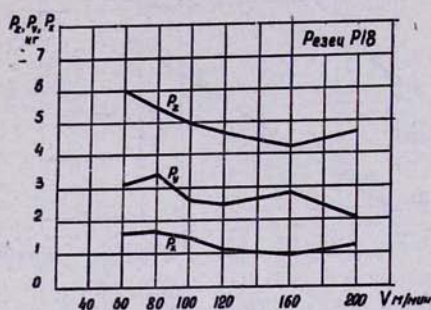


Рис. 9. Влияние скорости резания на силы P_z , P_y и P_x . Резец P18, $\varphi=60^\circ$, $\gamma=25^\circ$.

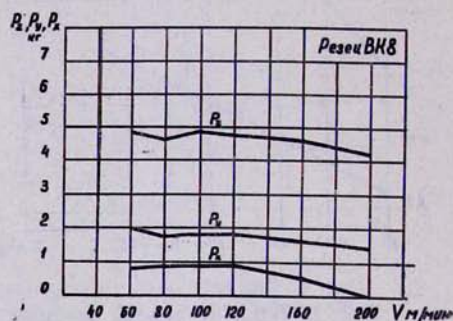


Рис. 10. Влияние скорости резания на силы P_z , P_y и P_x . Резец BK8, $\varphi=60^\circ$, $\gamma=35^\circ$.

Величина работы трения по передней поверхности инструмента определяется формулой:

$$R_{тр} = \frac{V}{k} \sqrt{P_x^2 + P_y^2} \cdot \frac{1}{\cos \gamma}. \quad (5)$$

Работа сил трения по задней поверхности инструмента определяется формулой

$$R_{тз} = F' \cdot V. \quad (6)$$

Формула (4) показывает, что сила F' изменяется с изменением высоты площадки износа по задней поверхности инструмента. Следовательно, работа $R_{тз}$ появляется при $h \neq 0$.

$R_{л. ср}$ — работа деформации за линией среза определяется формулой

$$R_{л. ср} = R - R_{пл} - R_{тр} - R_{тз}. \quad (7)$$

Коэффициент трения по передней поверхности инструмента при обра-

ботке меди быстрорежущим инструментом на основании работы [1] принимает следующие значения (табл. 1).

На основании формул (2), (3), (5) и (6) можно определить общую удельную работу и ее составляющие; в то же время формула (1) примет следующий вид:

$$e_{\text{общ}} = e_{\text{пл}} + e_{\text{тп}} + e_{\text{тз}} + e_{\text{л. ср.}}$$

В табл. 2 приведены результаты подсчетов полной удельной работы и ее составляющих при обработке меди резцом Р18 с главным углом в плане $\varphi=60^\circ$ и передним углом $\gamma=25^\circ$, износ по задней грани $h_3=0$, т. е. резец в остром состоянии.

В табл. 3 приведены результаты подсчетов полной минутной работы и ее составляющих при обработке меди резцом, армированным пластинкой твердого сплава ВК8. Главный угол в плане $\varphi=60^\circ$, передний угол $\gamma=35^\circ$, износ по задней грани $h_3=0$.

Таблица 1

Скорость резания, м/мин	Коэффициент трения
55	0,64
75	0,59
100	0,55
130	0,52
180	0,49
215	0,43

Таблица 2

Скорость резания, м/мин	β	ρ	$P_{\text{ху}}$ кг	$e_{\text{общ}}$	$e_{\text{пл}}$	$e_{\text{тп}}$	$e_{\text{тз}}^*$	$e_{\text{л. ср}}$
200	5,2	0,45	2,36	124,3	77,4	13,6	5,4	33,3
160	5,6	0,45	2,99	113,5	63,5	16,0	5,4	34,0
120	5,75	0,55	2,71	124,3	69,6	14,2	—	40,5
			4,44*	154*	68,4*	23,0*	5,4	57,2*
100	6,2	0,55	2,99	135,1	76,3	14,4	5,4	44,4
80	7,1	0,55	3,81	145,8	77,6	16,1	5,4	52,1
60	7,5	0,6	3,48	162,1	92,0	14,0	5,4	56,1

* Износ резца по задней поверхности $h_3=0,1$ мм.

Таблица 3

Скорость резания, м/мин	β	ρ	$P_{\text{ху}}$ кг	$e_{\text{общ}}$	$e_{\text{пл}}$	$e_{\text{тп}}$	$e_{\text{тз}}^*$	$e_{\text{л. ср}}$
200	2,6	0,6	1,36	113,5	56,5	17,4	5,4	39,6
160	2,68	0,6	1,74	124	60,2	21,4	—	42,4
120	2,65	0,6	4,25*	162*	58,8*	52,4*	5,4	45,4*
100	2,75	0,6	2,06	129,7	60,1	24,8	5,4	44,8
80	2,75	0,6	2,1	133,7	58,6	25,3	5,4	49,8
60	2,75	0,6	2,0	124,3	58,9	74,0	5,4	41,4
	2,88	0,6	2,21	132,4	63,5	25,4	5,4	43,9

* Износ резца по задней поверхности $h_3=0,1$ мм.

На основании табл. 2 и 3 построены графики (рис. 11 и 12). Из графиков видно, что независимо от материала режущего инструмента, общая удельная работа и ее составляющие с увеличением скорости резания уменьшаются. Большие изменения с изменением скорости резания главным образом наблюдаются при резании инструментом из быстроре-

жущей стали. Удельная работа, затрачиваемая на трение между передней поверхностью и сходящей стружкой $e_{тп}$, получает небольшие изменения.

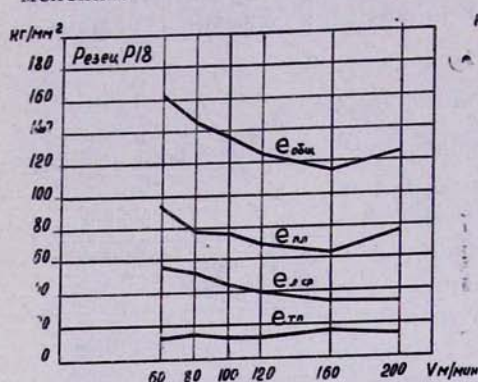


Рис. 11. Влияние скорости резания на полную удельную работу резания и ее составляющие. Резец Р18, $\varphi=60^\circ$, $\gamma=25^\circ$.

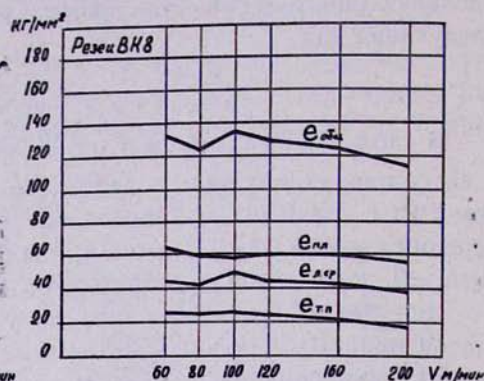


Рис. 12. Влияние скорости резания на полную удельную работу резания и ее составляющие. Резец ВК8, $\varphi=60^\circ$, $\gamma=35^\circ$.

Износ резца приводит к увеличению общей удельной работы и ее составляющих, кроме удельной работы, затрачиваемой на пластическую деформацию. Наблюдается незначительное уменьшение этой составляющей.

Ниже приведены результаты подсчетов удельной работы и ее составляющих в зависимости от глубины резания при обработке меди резцом Р18 с главным углом в плане $\varphi=60^\circ$, передним углом $\gamma=25^\circ$, скоростью резания 120 м/мин (табл. 4) и резцом, армированным пластиной ВК8, с главным углом в плане $\varphi=60^\circ$, передним углом $\gamma=35^\circ$ и скоростью резания 160 м/мин (табл. 5).

Таблица 4

Глубина резания, мм	β	μ	$P_{ху}$, кг	$e_{общ}$	$e_{пл}$	$e_{тп}$	$e_{тз}^*$	$e_{л.сп}$
2,0	3,9	0,6	26,1	96	32,5	24,8	5,4	38,7
1,5	3,91	0,6	19,8	127,1	55,3	25,0	5,4	46,8
1,0	4,1	0,6	14,7	124	49,2	26,5	5,4	48,3
0,75	4,46	0,6	9,8	122,1	53,7	21,9	5,4	46,5
0,5	4,9	0,6	6,22	125	60	18,8	5,4	46,2
0,25	5,7	0,6	2,62	129,7	71	13,8	5,4	44,9

* Износ резца по задней поверхности $h_3=0,1$ мм.

Если проанализировать данные табл. 4 и 5 и графики (рис. 13, 14), построенные на основе этих таблиц, то видно, что с увеличением глубины резания общая удельная работа $e_{общ}$ и составляющая $e_{пл}$ уменьшаются. Надо заметить, что составляющие удельной работы $e_{тп}$ и $e_{л.сп}$

Таблица 5

Глубина резания, мм	β	φ	$P_{ху}$ кг	$e_{общ}$	$e_{пл}$	$e_{тп}$	$e_{тз}$	$e_{л.ср}$
2,0	2,6	0,6	16	90	35,6	25,4	5,4	29
1,5	2,6	0,6	11,5	115,4	52,6	24,0	5,4	38,8
1,0	2,64	0,6	7,8	106,8	47,6	24,3	5,4	34,9
0,75	2,46	0,6	6,74	120,5	51,1	29,8	5,4	39,6
0,5	2,39	0,6	4	104	41,9	27,4	5,4	44,7
0,25	2,6	0,6	1,9	129,7	61	24,3	5,4	44,4

* Износ резца по задней поверхности $h_3=0,1$ мм.

(табл. 5) почти не изменяются с изменением глубины резания и в то же время по табл. 4 составляющая удельной работы $e_{тп}$ с увеличением глубины резания увеличивается.

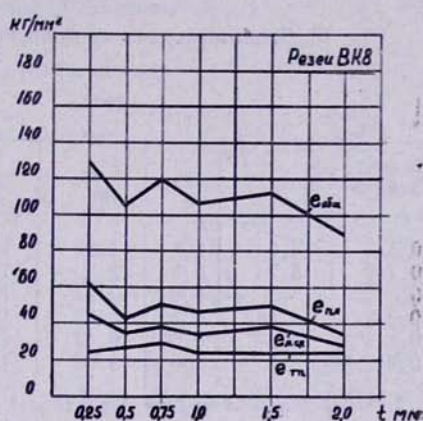
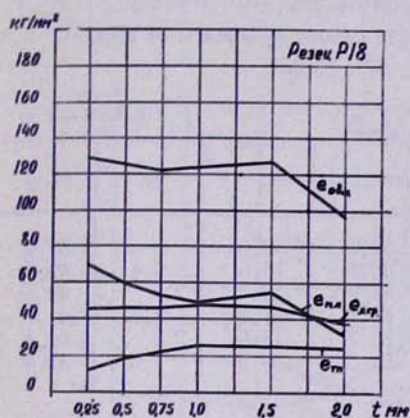


Рис. 13. Влияние глубины резания на полную удельную работу резания и ее составляющие. Резец Р18, $\varphi=60^\circ$, $\gamma=25^\circ$.

Рис. 14. Влияние глубины резания на полную удельную работу резания и ее составляющие. Резец ВК8, $\varphi=60^\circ$, $\gamma=35^\circ$.

В табл. 6 и 7 приведены результаты подсчетов удельной работы и ее составляющих в зависимости от подачи резания, по которым построены графики (рис. 15, 16). Данные табл. 6—для резца Р18 с главным углом в плане $\gamma=60^\circ$, передним углом $\varphi=25^\circ$, при глубине резания 0,25 мм и скорости резания 120 м/мин; данные табл. 7—для резца, армированного пластинкой ВК8, с главным углом в плане $\varphi=60^\circ$, передним углом $\gamma=35^\circ$, при глубине резания 0,25 мм и скорости резания 160 м/мин. Нетрудно заметить, что изменение подачи влияет в основном незначительно на удельную работу, при этом имеются отдельные резкие отклонения.

В табл. 8 и 9 приведены результаты подсчетов удельной работы и ее составляющих в зависимости от переднего угла инструмента, по которым построены графики (рис. 17, 18). Данные табл. 8—для резцов Р18

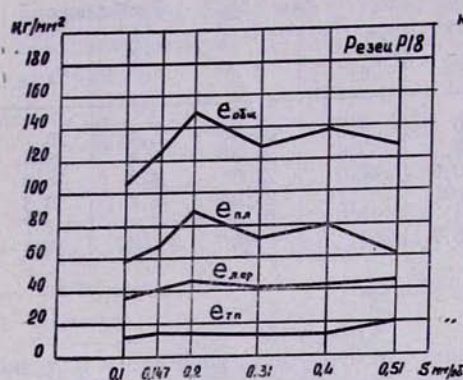
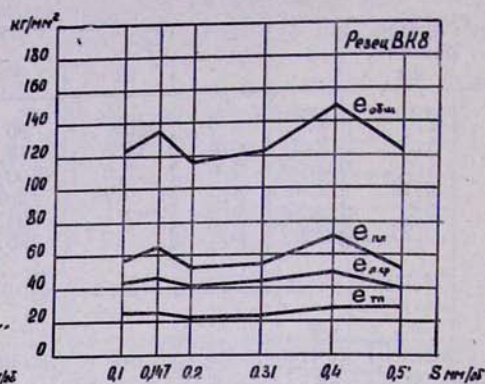
Рис. 15. Влияние подачи на полную удельную работу резания и ее составляющие. Резец Р18, $\varphi=60^\circ$, $\gamma=25^\circ$.Рис. 16. Влияние подачи на полную удельную работу резания и ее составляющие. Резец ВК8, $\varphi=60^\circ$, $\gamma=35^\circ$.

Таблица 6

Подача, мм/об	β	μ	$P_{хв}$ кг	$e_{общ}$	$e_{пл}$	$e_{тп}$	$e_{тз}^*$	$e_{л.ср}$
0,1	4,0	0,6	1,14	104,4	57,9	12,6	8	33,9
0,147	5,2	0,6	2,5	125	68,5	15,6	5,4	40,9
0,2	5,2	0,6	3,24	148,8	88,8	14,2	4	45,8
0,31	5,58	0,6	5,02	127	72,1	13,2	2,6	41,7
0,4	5,2	0,6	6,42	138	80,7	13,9	2	43,4
0,51	4,0	0,6	9,63	127,6	61,3	20,9	1,6	45,4

* Износ резца по задней поверхности $h_3=0,1$ мм.

Таблица 7

Подача, мм/об	β	μ	$P_{ху}$ кг	$e_{общ}$	$e_{пл}$	$e_{тп}$	$e_{тз}^*$	$e_{л.ср}$
0,1	2,4	0,6	1,23	123,6	55	25,1	8	43,5
0,147	2,6	0,6	1,92	135,8	65,4	25,2	5,4	45,2
0,2	2,4	0,6	2,19	115,8	52,2	22,3	4	41,3
0,31	2,33	0,6	3,44	120	54,5	23,4	2,6	44,1
0,4	2,89	0,6	6,55	150	72,5	28,4	2	50
0,51	2,81	0,6	8,62	122,8	53	29,7	1,6	40,1

* Износ резца по задней поверхности $h_3=0,1$ мм.

с главным углом в плане $\varphi=60^\circ$ при глубине резания 0,25 мм, подача 0,15 мм/об и скорости резания 120 м/мин, данные табл. 9—для резцов, армированных пластинками ВК8, с главным углом в плане $\varphi=60^\circ$ при глубине резания 0,25 мм, подаче 0,15 мм/об и скорости резания 160 м/мин.

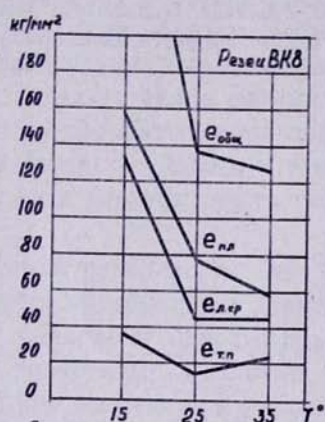
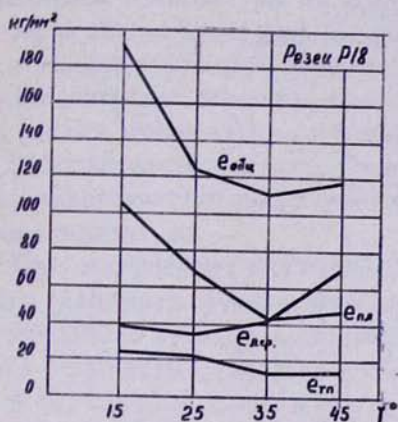
Очевидно, что общая удельная работа и ее составляющие уменьшаются с уменьшением переднего угла до 35° , после чего начинается их увеличение, а $e_{тп}$ минимальное значение принимает при $\gamma=25^\circ$ (рис.

Таблица 8

Передний угол	β	μ	P_{xy} кг	$e_{общ}$	$e_{пл}$	$e_{тп}$	$e_{тз}$	$e_{л.ср}$
15°	9,0	0,6	4,53	191,3	106	14,2	—	71,1
25°	5,75	0,6	2,49	124,3	69,6	13,1	—	41,6
35°	2,54	0,6	1,48	111,0	53,4	22,7	—	34,9
45°	2,4	0,6	1,44	118,6	56,1	23,2	—	39,3

Таблица 9

Передний угол	β	μ	P_{xy} кг	$e_{общ}$	$e_{пл}$	$e_{тп}$	$e_{тз}$	$e_{л.ср}$
15°	7,0	0,6	8,93	329,4	158,4	37,2	—	133,8
25°	5,3	0,6	2,49	136	77,6	14,1	—	44,3
35°	2,68	0,6	1,92	126,7	58,3	23,6	—	44,8

Рис. 17. Влияние переднего угла резца на полную удельную работу резания и ее составляющие. Резец P18, $\varphi=60^\circ$, $V=120$ м/мин.Рис. 18. Влияние переднего угла резца на полную удельную работу резания и ее составляющие. Резец BK8, $\varphi=60^\circ$, $V=160$ м/мин.

17). При обработке резцами, армированными пластинками BK8, общая удельная работа и удельная работа на пластическую деформацию с увеличением переднего угла уменьшаются, причем с увеличением γ от 15° до 25° наблюдается резкое уменьшение удельных работ. С увеличением переднего угла от 25 до 35° $e_{тп}$ возрастает.

Выводы

1. С увеличением скорости резания общая удельная работа и ее составляющие уменьшаются. Весьма заметные изменения удельных работ в основном наблюдаются при резании резцом из быстрорежущей стали P18.

2. С увеличением глубины резания свыше 1,5 мм общая удельная работа и удельная работа, затрачиваемая на пластическую деформацию срезаемого слоя, резко уменьшаются.

3. Величина удельной работы, затрачиваемой на пластическую деформацию срезаемого слоя, колеблется незначительно во всех случаях, причем при увеличении t свыше 1,0 мм наблюдаются лишь очень небольшие изменения.

4. С увеличением переднего угла до $\gamma = 25^\circ$ наблюдается резкое уменьшение общей удельной работы и ее составляющих, с дальнейшим увеличением γ наблюдаемые изменения невелики. При резании резцами из Р18 при $\gamma > 35^\circ$ наблюдается увеличение общей удельной работы и ее составляющих.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. М. И. Клушин. Резание металлов. М., 1958.
2. А. Н. Резников. Теплофизика резания. М., 1969.
3. Г. И. Грановский. Резание металлов. М., Машгиз, 1954.