

Порядок нахождения максимальных значений сил резания по номограммам указан стрелками. По полученным значениям действующих сил резания можно определить запас прочности режущего инструмента.

Литература

1. Костяков А.Х. Динамика фасонного фрезерования. Машгиз, 1950.
2. Резников Н.И., Бурмистров Е.В., Харков И.Г. и др. Обработка резанием жаропрочных, высокопрочных и титановых сплавов. М., "Машиностроение", 1972.

УДК 621.951.7

А.С.Горячев, В.В.Жукин, Т.П.Бузицкая

ОБРАБАТЫВАЕМОСТЬ ВЫСОКОПРОЧНОЙ СТАЛИ ВКС-210 ПРИ ЗЕНКЕРОВАНИИ И РАЗВЕРТЫВАНИИ

При изготовлении ответственных узлов и деталей применяют высокопрочную сталь марки ВКС-210 (ЭП637). Большое содержание никеля способствует хорошей прокаливаемости, а введение таких компонентов, как молибден, кобальт и титан, придает стали повышенную прочность и твердость. После термообработки-закалки и старения - сталь ВКС-210 приобретает высокую прочность - $\sigma_B = 200 \pm 10 \text{ кг/мм}^2$.

Высокие прочностные показатели стали ВКС-210 вызывают значительные трудности при ее механической обработке и, в частности, при зенкеровании и развертывании отверстий.

В данной статье приводятся результаты стойкостных исследований по выбору оптимальных режимов резания и геометрии инструмента.

Зенкерование стали ВКС-2Г0

При исследовании применялись зенкеры $\Phi 17,5$ и 2Г мм, оснащенные пластинками твердого сплава, с числом зубьев $z = 3$. Испытание зенкеров с четырьмя зубьями показало значительное снижение стойкости по сравнению с трехзубыми, вследствие плохого отвода стружки.

Из исследованных твердых сплавов (Т30К4, ТГ5К6, ВК8) наибольшую стойкость показал сплав Т30К4, затем ТГ5К6 и наименьшую - ВК8, что подтвердило данные о более высокой износостойкости титанокобальтовых твердых сплавов при обработке конструкционных сталей. Однако, нужно отметить, что сплав Т30К4 склонен к трещинообразованию при заточке инструмента, даже при применении алмазных кругов. Это приводит к частым выкрашиваниям зубьев инструмента, в особенности, при большой глубине резания. Поэтому основные опыты были проведены зенкерами, оснащенными сплавом ТГ5К6.

Геометрические параметры режущей части (рис.1) были приняты на основании ранее проведенных исследований по сталям 30ХГСА и 30ХГСНА: угол заборного конуса, $\psi = 30^\circ$ и 45° ; угол переходной режущей кромки, $\psi_0 = 15^\circ$; передний угол на главной режущей кромке, $\gamma = -20^\circ$; задний угол на главной режущей кромке, $\alpha = 8 - 10^\circ$; радиальный передний угол (на калибрующей части), $\gamma_0 = -15^\circ$; радиальный задний угол (на калибрующей части), $\alpha_0 = 8-10^\circ$.

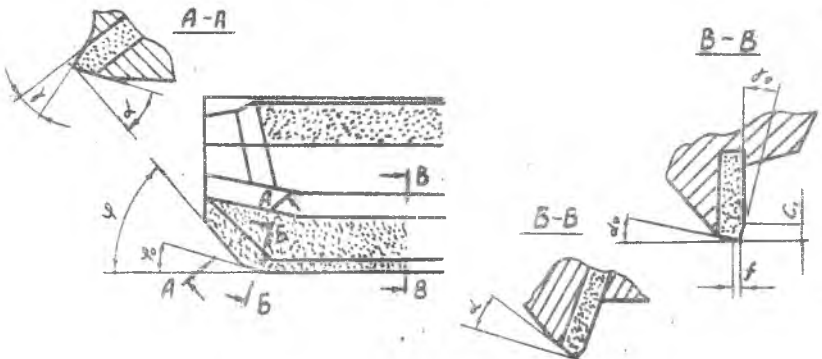


Рис.1. Геометрические параметры режущей части зенкеров

На основании стойкостных опытов получена обобщенная формула для скорости резания

$$V = \frac{d^{0,6} \cdot K_{V_{\text{м}}}}{T^{0,5} \cdot S^{0,6} \cdot t^{0,2}}$$

Коэффициент $K_{V_{\text{м}}}$ учитывает влияние марки твердого сплава и составляет: для сплава ТЗ0К4-1,2, для Т15К6-1,0 и для ВК8-0,53.

Рекомендуемые режимы зенкерования, рассчитанные по этой формуле, представлены в табл. I.

Наряду со стойкостными опытами проводился анализ качественных показателей обработанных отверстий: шероховатости, точности и наклепа.

Шероховатость поверхности определялась с помощью профилографа - профилометра " Калибр - ВЭИ" в зависимости от изменения режимов резания и износа в пределах $V = 18 - 60$ м/мин; $S = 0,25 - 0,43$ мм/об; $t = 0,35 - 0,93$ мм; $h_3 = 0,25 - 0,56$ мм. Было установлено, что при зенкерования закаленной и состаренной стали ВКС-210 инструментами, оснащенными твердым сплавом, обеспечивается высокая чистота обработки ($\nabla 7 - \nabla 10$) в широком диапазоне изменения скорости резания, глубины, подачи и износа инструмента. Это объясняется отсутствием нароста на зубьях зенкера.

Анализ точности обработанных отверстий дал возможность установить следующее. При обработке жестких деталей ($d_{\text{отв}} = 17,5 - 22$ мм) на принятых режимах резания и при оптимальной геометрии зенкеров во всех случаях имела место разбивка отверстий в пределах $0,005 - 0,22$ мм. Это объясняется, в основном, биением шпинделя и инструмента, что приводит к неравномерной работе режущих зубьев. Поэтому для определения исполнительных размеров зенкеров можно рекомендовать зависимости (в соответствии со схемой полей допусков - рис.2) для обработки отверстий 4 класса точности $d_{\text{з.исп}} = (d_{\text{н}} + \delta A_4 - \Delta_{\text{max}}) - \delta_3$, где $d_{\text{н}}$ - номинальный диаметр отверстия; δA_4 - допуск на изготовление отверстия по 4-му классу точности; Δ_{max} - наибольшая возможная разбивка, $\Delta_{\text{max}} = 0,015 \sqrt{d_{\text{н}}}$; δ_3 - допуск на изготовление зенкера.

Качество предварительного отверстия, полученного при зенкерования, оказывает значительное влияние на процесс развертывания.

Таблица I
 Режимы резания при зенкеровании стали ВКС-210 ($\sigma_B = 200 \pm 10$ кг/мм²)

Диаметр зенкера $d, \text{мм}$	Глубина резания $t, \text{мм}$	Марки твердого сплава						Число зубьев зенкера Z	Стойкость $T, \text{мин}$
		Т15К6		Т30К4					
		Скорость резания для подач S_z мм/зуб							
		$U, 1$	$U, 2$	$U, 0,4$	$U, 1$	$U, 1$	$U, 2$		
10	0,5	20	14	42	24	16	3	30	
20	0,7	25	16	52	30	20	3	40	
30	0,8	28	18	58	33	22	3	50	
40	0,9	29	20	61	35	23	3	60	
50	1	29	19	60	34	23	3	80	
60	1,25	26	17	54	31	20	4	80	
80	1,50	27	18	55	32	21	4	100	
100	1,50	22	15	45	26	17	6	120	
120	1,50	25	16	51	29	19	6	120	
140	1,50	25	17	52	30	20	6	140	

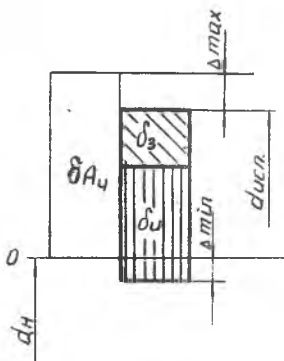


Рис.2 Схема расположения мм. полей допусков при определении исполнительных размеров зенкера

Поэтому были проведены опыты по определению глубины и степени наклепа подповерхностного слоя отверстия после **зенкерования** на оптимальном режиме обработки. Определение наклепа проводилось по методу замера микротвердости прибором ПМТ-3 на образцах с косыми срезами. Как показали опыты, степень наклепа небольшая и доходит до 10% , а глубина до 0,1

Развертывание стали ВКС - 210

Для исследования процесса развертывания были использованы прямоугольные твердосплавные машинные развертки (рис.3), оснащенные пластинками твердых сплавов Т30К4, Т15К6 и ВК6М. Наилучшие результаты по стойкости показали развертки с пластинками из сплава Т30К4, затем развертки из Т15К6. На основании стойкостных опытов была найдена следующая оптимальная геометрия:

$$\varphi = 15^{\circ} - 30^{\circ}, \quad \varphi_0 = 2^{\circ} - 5^{\circ}, \quad \gamma = -15^{\circ}, \quad \alpha = 8^{\circ} - 10^{\circ}, \\ \gamma_k = 15^{\circ}, \quad \alpha_k = 8^{\circ} - 10^{\circ}. \text{ (рис 3)}$$

При проведении стойкостных опытов за критерий притупления был принят износ по задней грани $h_z = 0,2$ мм в месте перехода заборной части в калибрующую, поскольку от величины этого износа зависит качество обработки.

На основании стойкостных опытов получены обобщенные формулы для окорости резания при работе развертками с пластинками твердого сплава Т30К4.

Получена обобщенная формула для $V \geq 25$ м/мин

$$V = \frac{66 d^{0,6}}{T^{0,31} S^{0,18} t^{0,44}} \quad (1)$$

Рекомендуемые режимы резания, рассчитанные по формуле

(I), приведены в табл.2. В процессе стойкостных испытаний проводилось исследование шероховатости и точности отверстий после развертывания. При работе твердосплавными развертками с оптимальной геометрией, в широком диапазоне режимов резания ($V = 23 - 68$ м/мин; $S = 0,2 - 0,57$ мм/об; $t = 0,045 - 0,25$ мм) получена шероховатость поверхности не ниже $\nabla 7$, а в большинстве случаев - $\nabla 8 - \nabla 9$.

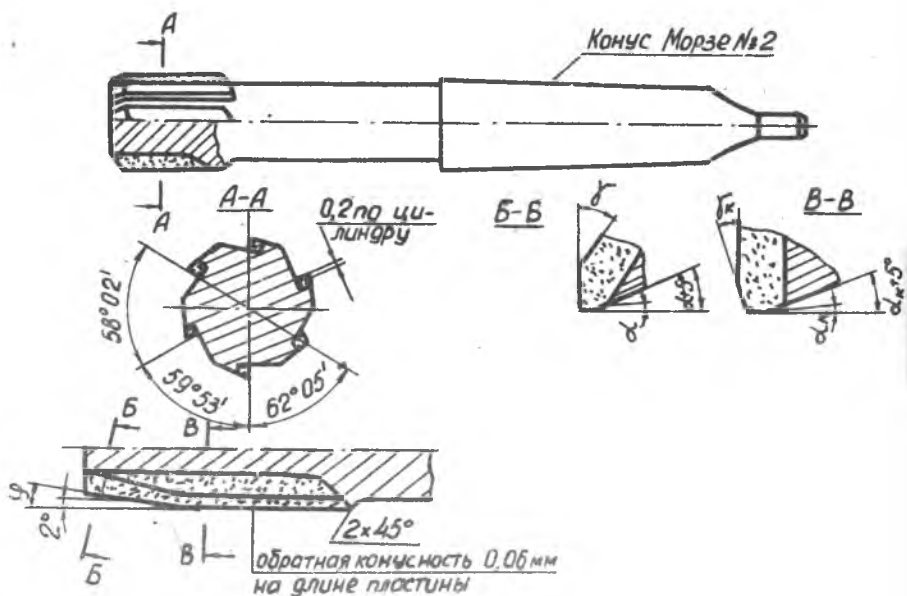


Рис. 3. Машинная развертка твердосплавная

Точность размеров и формы отверстий после развертывания определяется с помощью индикаторного нутромера. Измерялись величины разбивки, усадки, конусности и овальности отверстий. Зависимость усадки (разбивки) от основных параметров процесса развертывания очень сложная и во многом определяется конкретными условиями обработки: конструкцией и жесткостью обрабатываемой детали, со-

стоянием оборудования и технологической оснастки, способом крепления инструмента, его состоянием и качеством эксплуатации. Поэтому в работе ставилась цель установить наиболее вероятную величину усадки (разбивки).

Анализ полученных результатов показал, что при работе твердосплавными развертками, как правило, происходит разбивка отверстия на величину 0,005-0,01 мм. Конусность и овальность отверстий не наблюдались.

Исполнительные размеры разверток для обработки отверстий второго и третьего классов точности с учетом разбивки определяются по соответствующим формулам, аналогичным зенкерованием $d_{p\text{исп}} = (d_n + \delta - \Delta_{\text{max}}) - \delta_p$, где δ - допуск на изготовление отверстия 2-го или 3-го классов точности; δ_p - допуск на изготовление разверток, $\delta_p = 1/3 \delta$; Δ_{max} - наибольшая возможная разбивка, определяется по эмпирической формуле $\Delta_{\text{max}} = 0,0025 \sqrt{d_n}$; d_n - номинальный диаметр обрабатываемого отверстия.

Для улучшения условий работы инструмента были разработаны конструкции маловибрационных разверток (рис. 4). Их особенностью является наличие пластмассовых направляющих прокладок между зубьями, выступающих относительно последних на 0,06 мм по диаметру. Наибольшую износоустойчивость при работе инструмента показали прокладки из капролактама. Применение маловибрационных разверток позволяет увеличить срок службы инструмента в 4 - 5 раз по сравнению с обычными развертками и повысить производительность развертывания на 30%.

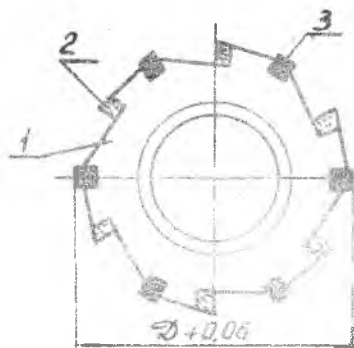


Рис. 4 Маловибрационная
развертка. 1 - корпус;
2 - режущая пластина;
3 - направляющая пластина
из капролактама.

Таблица 2

Режимы резания при обработке стали
ВКС - 210 развертками из сплава Т30К4 х)

d, мм	T, мин	Скорость резания V , м/мин для подач S _z , мм/зуб				
		t, мм	0,03	0,06	0,1	0,15
10 z = 4	30	0,1	35			
		0,15	29			
20 z = 6	30	0,1	53	46,5		
		0,15	44,5	38,5		
		0,2	39	34		
40 z = 6	60	0,15	54,5	47,5	43,5	40,5
		0,2	47,5	41,5	38	35,5
60 z = 6	80	0,15	62,5	54,6	50	46,5
		0,2	55	48,2	44,5	41
100 z = 8	120	0,15	75	66	60,5	56
		0,2	66	57,5	53	49,5
		0,25	60	52	48	44,5
		0,3	55	48,5	44,5	41,5

х) При работе развертками из сплава Т15К6 величину скорости, указанную в таблице 2, необходимо уменьшить на 20%.