

ЗУБОРЕЗНЫЕ ГРЕБЕНКИ

Зуборезные гребенки применяются для нарезания цилиндрических прямозубых, косозубых и шевронных зубчатых колес методом обкатки на специальных зубострогальных станках.

Гребенки делятся на прямозубые и косозубые. Прямозубые бывают двух типов. Тип 1- это гребенки, которые не имеют конструктивного переднего угла, а угол получают за счет установки гребенки на станке. Гребенки типа 2 выполняются с передним углом γ , равным 4° и устанавливаются в плоскости, перпендикулярной направлению резания.

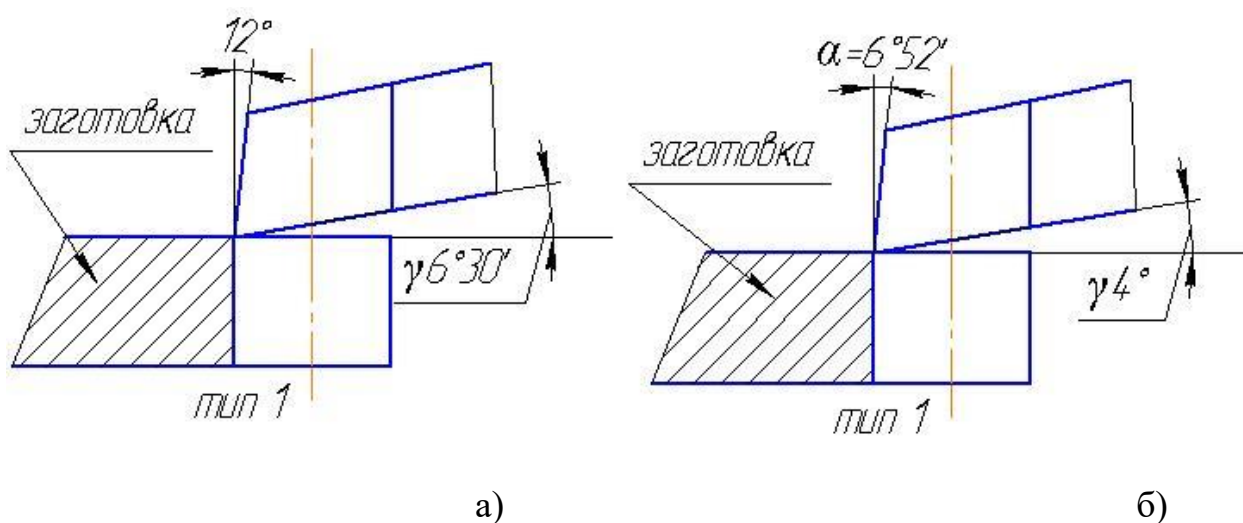


Рисунок 1.1- Положение зуборезных гребенок в работе а)- тип 1; б)- тип 2.

Прямозубая гребенка представляет собой исходную зуборезную рейку (рис 1.2), сопряженную с нарезаемым зубчатым колесом, превращенную в режущий инструмент заточкой под углом γ передней плоскости (рис. 1.2, б) и образованием задней поверхности (рис. 1.2, в), обеспечивающей получение на режущих кромках положительных задних углов.

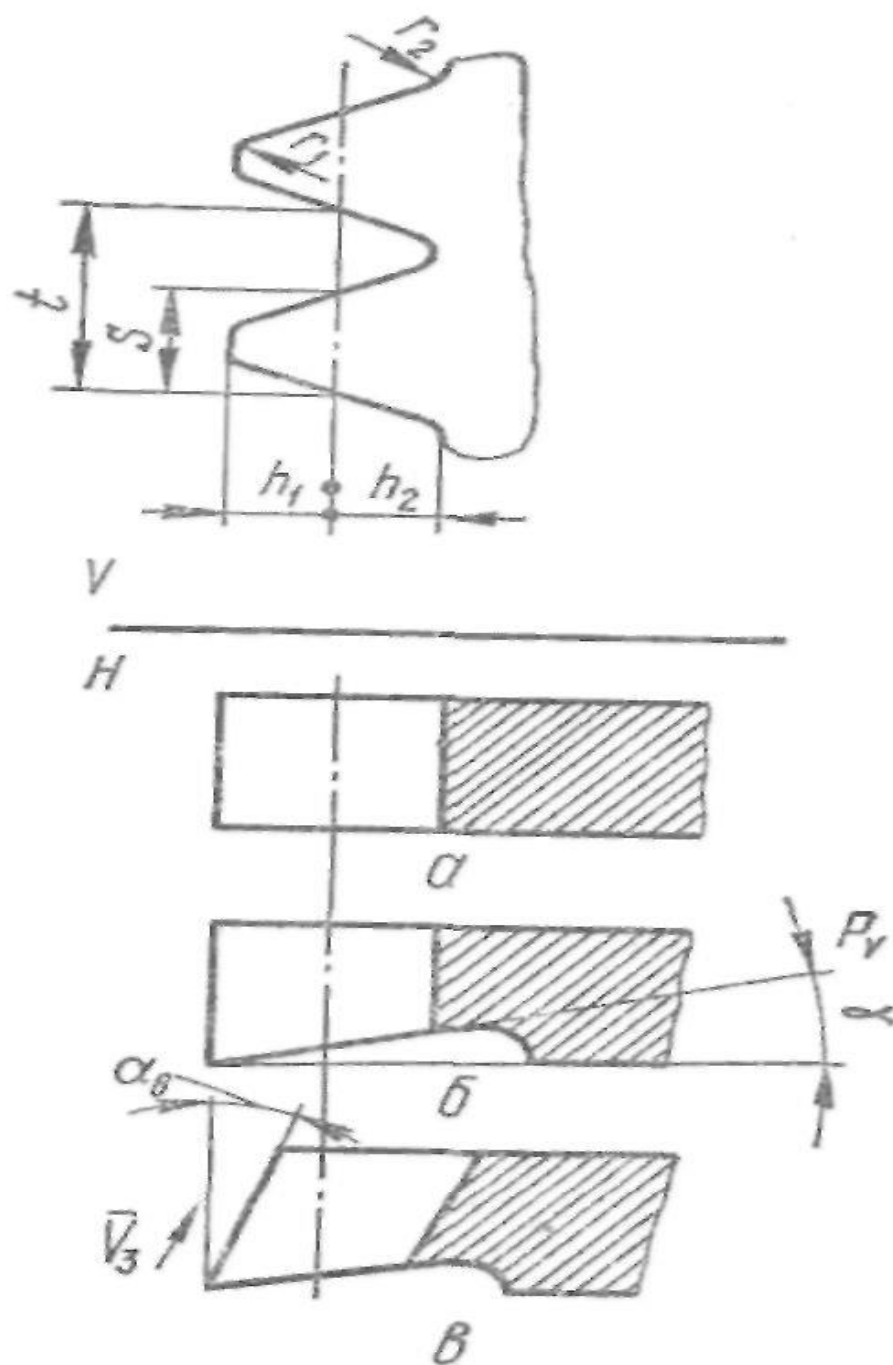


Рисунок 1.2- Схема прямозубой гребенки

Режущая кромка гребенки создается в результате пересечения передней плоскости и боковой поверхности исходной зуборезной рейки. Схема образования задней поверхности зуба гребенки следующая: заставим переднюю плоскость с расположенной в ней режущей кромкой двигаться прямолинейно-поступательно. Если скорость этого движения будет параллельна образующим исходной рейки, то режущая кромка опишет в пространстве боковую поверхность рассматриваемой зуборезной рейки и

задние углы у гребенки будут равны нулю. Поэтому при образовании задней поверхности зуба гребенки передней плоскости сообщают прямолинейно-поступательное движение, скорость вектор V_3 которого направляют под углом α_B к образующим исходной рейки. В результате режущая кромка описывает заднюю поверхность, которая не совпадает с поверхностью исходной зуборезной рейки, что и обеспечивает создание на режущей части гребенки положительных задних углов. Заднюю поверхность можно рассматривать как совокупность режущих кромок, сдвинутых одна относительно другой. По аналогии с затылованными фрезами при заточке гребенок по передней плоскости удаляется изношенная режущая кромка и обнаруживается новая той же самой формы. Это обеспечивает обработку новой и переточенной гребенками одних и тех же зубчатых колес. Гребенка является, с этой точки зрения, идеальным теоретически точным инструментом, ее переточка не вносит никаких погрешностей в профиль нарезаемого зубчатого колеса.

При проектировании гребенок для обработки заданного зубчатого колеса определяется форма режущей кромки и профиль гребенки в нормальном сечении. Известным считается профиль исходной зуборезной рейки.

РАСЧЕТ.

Исходные данные:

Модуль зубчатого колеса – m

Угол зацепления $\alpha=20^\circ$

Толщина зуба по делительной прямой – S

Радиальный зазор – c

Расчет:

Расчет профиля производится в трех сечениях (рис 2.1):

- 1) В сечении основной плоскостью (плоскость 1-1), где располагается проекция режущего контура гребенки, совпадающая с профилем исходной рейки;
- 2) В передней плоскости (плоскость 2-2), где производится измерение профиля зубьев;

- 3) В сечении нормальной плоскостью (плоскость 3-3), в которой осуществляется профилирование инструмента для изготовления гребенки.

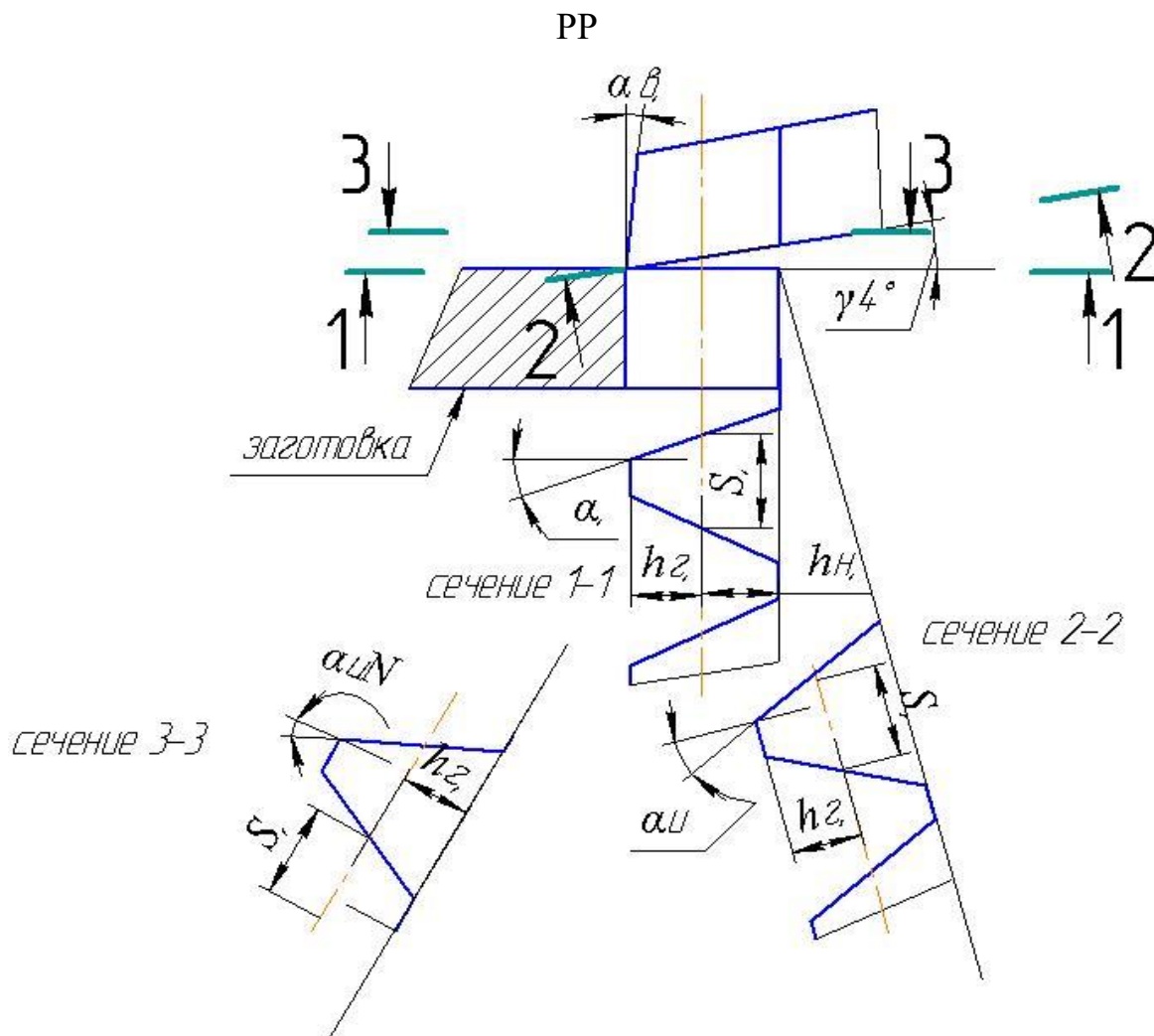


Рисунок 2.1- Определение размеров зубьев гребенки в разных сечениях.

Расчет элементов профиля зуба гребенки в передней плоскости (сечение 2-2).

1. Рассчитаем угол профиля

$$\tan \alpha_n = \tan \alpha \cos \gamma$$

Где $\gamma = 6^\circ 30'$ (гребенка типа 1)

$\gamma = 4^\circ$ (гребенка типа 2)

2. Шаг гребенки $t = \pi \times m$

Точность расчета 0,001 мм.

3. Толщина зуба

$$S = \frac{\pi m}{2}$$

4. Высота головки зуба гребенки рассчитывается с точностью 0,01 мм

$$h_{\Gamma} = \frac{1,25m}{\cos \gamma}$$

5. Высота ножки зуба гребенки определяется по формуле

$$h_{\text{н}} = \frac{m + \delta}{\cos \gamma}$$

Где δ - величина, зависящая от модуля, принимается равной

m, мм	1-2	2,25-3,75	4-6,5	7-10	11-16	18-24
δ , мм	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5

6. Общая высота зуба гребенки

$$h = h_{\Gamma} + h_{\text{н}}$$

7. Толщина зуба по вершине гребенки определяется по формуле

$$S_{\text{в}} = S - 2h_{\Gamma} \tan \alpha_{\text{и}}$$

8. Угол фланкирования (рис. 2.2) определяется

$$\tan \alpha'_{\phi} = \tan \alpha_{\phi} \cos \gamma$$

Где α_{ϕ} – угол фланкирования в основной плоскости. Величина углов выбирается из таблицы (табл. 2.1).

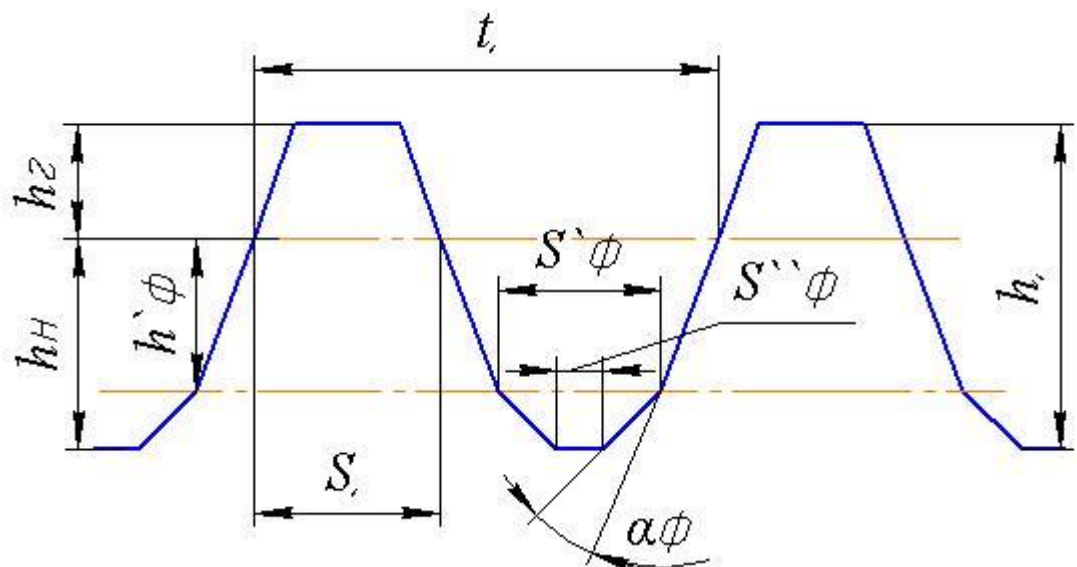


Рисунок 2.1- Фланкированный профиль гребенки.

Таблица 2.1- Величины углов α_{ϕ} для зуборезных гребенок

Гребенка класса А		Гребенка класса Б	
m, мм	α_{ϕ}	m, мм	α_{ϕ}
2	1°40'	2-2,75	2°13'
2,25-3,5	1°20'	3-4,25	1°55'
3,75-5	1°07'	4,5-5	1°40'
5,5-7	1°	5,5-9	1°20'
8-11	0°54'	10-20	1°07'
12-20	0°40'	-	-

9. Расстояние от делительной прямой до начала фланкирования вычисляется по формуле

$$h'_{\phi} = \frac{h_{\phi}}{\cos \gamma}$$

Где h_{ϕ} – расстояние от делительной прямой до начала фланкирования в основной плоскости. Величина h_{ϕ} вычисляется по формуле

$$h_{\phi} = 0,55m + \Delta h + \frac{\delta h}{2}$$

Где Δh - величина наименьшего смещения исходного контура в тело зубчатого колеса.

δh – допуск на смещение.

Величины Δh и δh принимают согласно ГОСТ 1643-86. Данные приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2- Величины наименьших смещений исходного контура и допуски на смещение.

m,мм	Диаметры зубчатого колеса, мм				
	От 40 До 100	Св.100 До 200	Св. 200 До 400	Св.400 До 800	Св.800 До 1200
Δh , мкм					
1 ...2,25	70	90	130	190	-
2,25...4	80	90	130	190	260
4...6	80	100	130	200	260
6...8	90	110	140	200	260
8...10	110	110	140	210	270
10...14	-	120	150	220	280
14...20	-	140	170	230	290
Δh , мкм					
1 ...2,25	50	50	60	80	-
2,25...4	50	60	70	90	110
4...6	50	60	70	90	120
6...8	60	70	80	90	120
8...10	60	70	80	100	130
10...14	-	70	80	110	130
14...20	-	80	90	110	140

10. Ширина впадины между зубьями в начале фланкирования определяется по формуле

$$S_{\phi}' = (t - S) - 2h_{\phi} \tan \alpha$$

Расчет профиля зуба в нормальной плоскости.

Расчет элементов профиля зуба в нормальном сечении (3-3) ведется следующим образом:

11. Угол профиля определяется из выражения

$$\tan \alpha_{иN} = \frac{\tan \alpha \cos \gamma}{\cos(\gamma + \alpha_B)}$$

При использовании данной формулы необходимо учитывать, что задний угол в рабочем положении для гребенок типа 1 равен $\alpha_B = 5^\circ 30'$, для гребенок типа 2 равен $\alpha_B = 6^\circ 52'$ (рис. 1.1).

12. Высота головки зуба определяется по формуле

$$h'_N = \frac{h_H \cos(\gamma + \alpha_B)}{\cos \gamma}$$

Расчеты проводить с точностью 0,01 мм.

13. Высота ножки зуба определяется по формуле

$$h''_N = \frac{(h_T + \delta) \cos(\gamma + \alpha_B)}{\cos \gamma}$$

Расчет проводить с точностью 0,01 мм.

14. Общая высота зуба

$$h_N = h'_N + h''_N$$

15. Радиус закругления вершин зубьев

$$r_1 = 0,4m$$

16. Радиус закругления впадин

$$r_2 = (0,2 - 0,3)m$$

Таблица 2.3- Конструктивные размеры зуборезных гребенок.

m, мм	t	H	B	L	Z	a	a ₁	K
1	3,142	50	20	77	24	15	6	0,5
1,25	3,927	50	20	80	20	15	7	0,5
1,5	4,712	50	20	81	17	15	8	0,5
1,75	5,498	50	20	83	15	16	9	0,5
2	6,283	50	20	82	13	16	9	0,5
2,25	7,069	50	20	85	12	17	10	0,5
2,5	7,854	50	20	87	11	18	10	1
2,75	8,639	50	20	96	11	18	11	1
3	9,425	50	20	95	10	20	11	1

3,25	10,210	50	20	103	10	20	12	1
3,5	10,996	50	20	110	10	22	13	1
3,75	11,781	50	20	106	9	22	14	1
4	12,566	50	20	113	9	22	14	1
4,25	13,352	50	20	121	9	24	15	1,5
4,5	14,137	50	20	128	9	24	15	1,5
5	15,708	50	22	126	8	26	16	1,5
5,5	17,279	60	22	137	8	26	18	1,5
6	18,850	60	22	150	8	28	19	1,5
6,5	20,420	60	22	165	8	28	20	2,5
7	21,991	60	22	177	8	32	21	2,5
8	25,133	60	22	177	7	34	23	2,5
9	28,274	70	25	170	6	35	26	3
10	31,416	70	25	188	6	37	29	3
11	34,557	70	25	208	6	40	31	4
12	37,699	70	25	226	6	42	33	4
13	40,841	80	25	245	6	44	36	4
14	43,982	80	25	220	5	47	37	4
15	47,124	80	25	236	5	50	40	5
16	50,265	80	25	251	5	52	43	5
18	56,549	90	25	281	5	56	48	5
20	62,832	90	25	311	5	60	52	5

17.Диаметр калибра для контроля толщины зуба гребенки.

$$d = (t - S_b) \tan \frac{90 - \alpha_{иN}}{2}$$

Точность расчета 0,001 мм. Шаг и толщина зубьев в нормальном сечении соответственно равны шагу и толщине зубьев в передней плоскости (рис. 2.2)

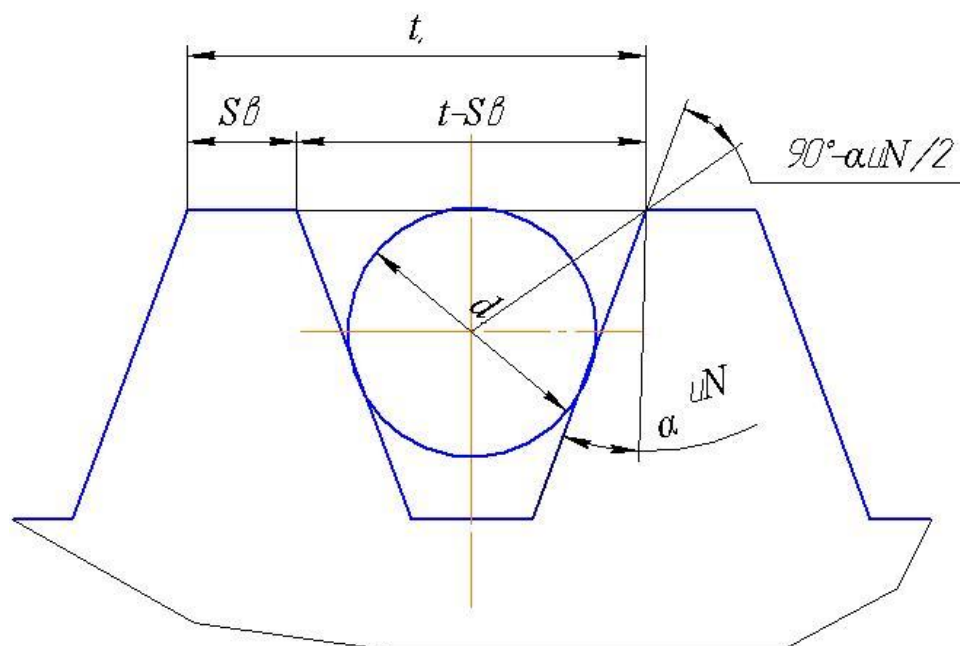


Рисунок 2.2- Определение диаметра калибра для прямозубых гребенок.

Определение конструктивных размеров гребенок выбирать по таблице 2.3

Определение углов заточки прямозубых гребенок.

Углы заточки даются в плоскости А-А, перпендикулярной к основной плоскости и к проекции режущей кромки на основную плоскость (рис.2.3)

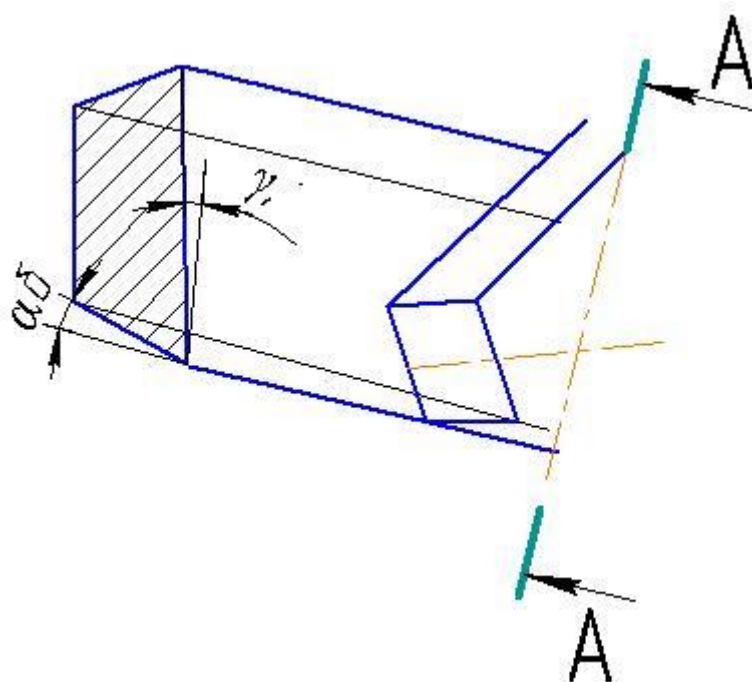


Рисунок 2.3- Определение углов заточки гребенки.

Боковой задний угол рассчитывают по формуле:

$$\tan \alpha_6 = \frac{\sin \alpha_B \sin \alpha \cos \gamma}{\cos(\alpha_B + \gamma) + \sin \alpha_B \sin^2 \alpha \sin \gamma}$$

Передний угол на боковых режущих кромках подсчитывается по формуле

$$\tan \gamma_1 = \tan \gamma \sin \alpha_B$$

Существует два метода заточки прямозубых гребенок. Первый метод применяется для заточки гребенок с модулем 10мм. При этом методе заточка производится шлифовальным кругом по всей передней поверхности.

Угол наклона оси шлифовального круга определяется из выражения

$$\sin \gamma_1 = \frac{\tan \alpha_n \frac{S}{2}}{\sqrt{R^2 - \left(\frac{S}{2}\right)^2}}$$

Где R – радиус шлифовального круга.

Полученный при такой заточке передний угол является переменным вдоль боковой режущей кромки, причем минимальная величина переднего угла будет расположена на вершине, а максимальная величина будет находится у основания зуба. Минимальная и максимальная величины углов вычисляются по формуле

$$; \sin \gamma' = \frac{S_B}{2R} \sin \gamma'_{\max} = \frac{S_{\text{вп}}}{2R},$$

Где $S_{\text{вп}}$ – толщина зуба у основания.

Величины передних углов, расположенных в плоскости, перпендикулярной к режущей кромке, определяются по формулам

$$\tan \gamma_{\min} = \tan \gamma'_{\min} \cos \alpha_n$$

$$\tan \gamma_{\max} = \tan \gamma'_{\max} \cos \alpha_n$$

Суммарные передние углы (передние углы в процессе резания) определяются по формуле

$$\gamma_{\text{с min}} = \gamma_1 + \gamma_{\min}$$

$$\gamma_{\text{с max}} = \gamma_1 + \gamma_{\max}$$

Где γ_1 – передний угол от установки гребенки;

$\gamma_{\min}, \gamma_{\max}$ – передние углы от заточки.

В гребенках, заточенных по первому методу, режущие кромки работают в разных условиях из-за переменной величины угла γ_c в различных точках режущей кромки. Это приводит к неравномерному износу кромок и является недостатком данного метода.

Второй метод заточки применяется для гребенок при модуле более 10 мм. В этом случае передние поверхности зубьев снабжаются двумя канавками, идущими параллельно боковым сторонам профиля. Передний угол имеет постоянную величину и определяется по формуле

$$\sin \gamma = \frac{b}{D}$$

Где b – ширина канавки.

Передний угол в процессе резания равен $\gamma_c = \gamma_1 + \gamma$

Рекомендуемые величины геометрических параметров заточки и диаметров шлифовальных кругов для заточки приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4- Величины геометрических параметров заточки и диаметры шлифовального круга

Модуль, мм	10-14	15-17	18-21	22-24
Диаметр круга D , мм	35	50	60	70
Ширина канавки b , мм	7	10	13	15
Передний угол заточки γ	11°32'	11°32'	12°32'	12°25'
Суммарный угол γ_c	13°45'	13°45'	14°44'	14°38'

Зуборезные гребенки

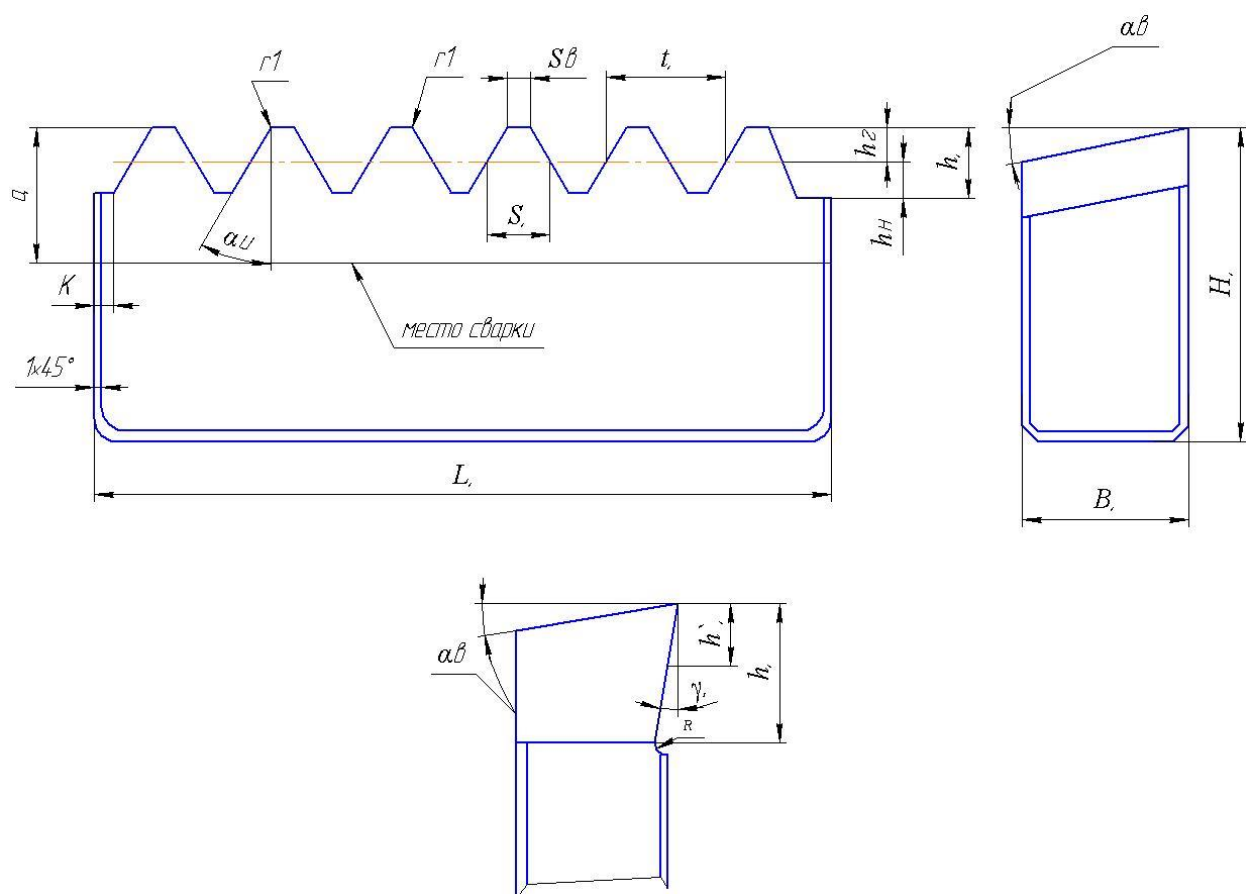


Рисунок - Зуборезная гребенка.

Допуски на основные элементы.

Элементы	Тип гребенки	Допускаемые отклонения при модуле						
		1-2,25	2,5-4,0	4,25-6	6,5-8,0	9,0-10,0	11,0-14,0	15,0-20,0
Шаг	Чистовые	$\pm 0,004$	$\pm 0,005$	$\pm 0,006$	$\pm 0,007$	$\pm 0,008$	$\pm 0,009$	$\pm 0,010$
	Черновые	$\pm 0,03$	$\pm 0,04$	$\pm 0,045$	$\pm 0,050$	$\pm 0,050$	$\pm 0,070$	$\pm 0,090$
Допуск на профиль	Чистовые	0,006	0,007	0,009	0,010	0,012	0,012	0,015
	Черновые	0,04	0,045	0,050	0,060	0,075	0,075	0,090
// вершин зубьев относ. опорной плоскости	Чистовые	0,015	0,015	0,015	0,020	0,025	0,025	0,030
	Черновые	0,04	0,040	0,040	0,060	0,080	0,080	0,100

1. Допускаемая непараллельность широких плоскостей гребенок на длине 100 мм:

- для гребенок $m=1-5,5\ldots\ldots\ldots 0,01$ мм

- для гребенок $m=6$ и выше $\ldots\ldots\ldots 0,015$ мм.

2. Допускаемое занижение вершин режущих кромок у гребенок относительно передней плоскости 0,5 мм.

3. Допускаемое отклонение угла фланкирования $10'$.

4. Допускаемое отклонение заднего угла $\pm 10'$.

5. Допускаемое отклонение толщины гребенок - $\pm 0,5$ мм.

6. Допускаемое отклонение ширины гребенок $\pm 2,0$ мм.

7. Допускаемое отклонение длины равно :

- для гребенок $m=1-5,0\ldots\ldots\ldots \pm 0,5$ мм

- для гребенок m = свыше 5 $\ldots\ldots\ldots \pm 1,0$ мм.