

УДК 621.9.06:621.833

## Резервы повышения точности на зубошлифовальном станке мод. 5М841

**Л.И. Вереина**

*Предложены некоторые резервы повышения точности обработки зубчатых колес с простым числом зубьев, более ста, на зубошлифовальном станке мод. 5М841.*

**Ключевые слова:** зубошлифовальный станок, точность обработки.

## Reserves to improve the precision of gear grinding mod. 5M841

**L.I. Vereina**

*The article deals with the reserves to improve the precision of processing toothwheels with a prime number of teeth, more than a hundred, by the grinding machine mod. 5M841.*

**Keywords:** gear grinding machine, machining precision.

Область применения зубчатых колес достаточно обширна. Их используют в различных приборах с нагрузками менее 1 т, металлорежущих станках, прокатных станах, в которых нагрузки могут составлять несколько десятков тонн, и турбинных редукторах, где передаваемая мощность достигает 50 000 кВт.

Такое широкое использование зубчатых передач обусловлено хорошей работоспособностью в большом диапазоне нагрузок и скоростей, небольшими габаритными размерами по сравнению с другими передачами вращательного движения, надежностью в работе.

Один из недостатков зубчатых колес — высокая точность изготовления. В противном случае возникают удары при входе и выходе из зацепления и как следствие шум и динамические нагрузки, которые ограничивают передаваемые скорости. Для колес 6—7-й степени точности в соответствии с ГОСТ 1643—81 максимально допускаемая окружная скорость составляет 15 м/с, а для колес 4-й степени точности —  $v_{\max} = 100$  м/с. Поэтому повышение точности зубообработки является актуальной задачей.

Финишная обработка зубьев осуществляется на шевинговальных и зубошлифовальных станках. В данной статье рассмотрены вопросы повышения точности обработки на зубошлифовальном станке мод. 5М841.

Станок мод. 5М841 работает по методу обката, режущим инструментом является шлифовальный круг с двусторонним коническим профилем. При шлифовании зубчатых колес точность шага и накопленная погрешность шага по колесу  $F_{pr}$  зависит от многих факторов,



**ВЕРЕИНА**

**Людмила Ивановна**  
кандидат технических наук, доцент

кафедры «Металлорежущие станки»

(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

e-mail: vli32@ya.ru

в том числе от имеющегося набора сменных зубчатых колес и выбора числа  $z_i$ , пропускаемого при делении зубьев.

В силу ограниченного числа сменных зубчатых колес, имеющих на данном станке, невозможно точно настроить гитару деления при обработке зубчатых колес с простым числом зубьев, превышающим 100.

В ряде работ [1—4] сказанное выше было теоретически исследовано и затем экспериментально подтверждено при шлифовании зубьев цилиндрических зубчатых колес.

В силу того, что наборы сменных колес у зубошлифовальных станков различных моделей разные, можно предположить, что возникающие из-за вынужденно неточной настройки гитары деления погрешности при обработке заготовок с одинаковым числом зубьев также будут разные.

Согласно методике, изложенной в работе [5], определим минимальные погрешности настройки делительной цепи для различных углов поворота заготовки при шлифовании шлифуемых колес с различным числом зубьев.

Результаты расчетов минимальных погрешностей приведены в таблице. При шлифовании зубчатого колеса с  $z = 101$  минимальная погрешность одного углового поворота  $\Delta\varphi$  составит 0,41" при повороте заготовки в делительном движении на  $z_i = 14$ , а максимальная — при повороте той же заготовки на  $z_i = 8$ , что (в первом случае) повышает точность обработки в 7,9 раз.

Такой анализ можно сделать только с помощью ЭВМ, так как для выявления минимальной погрешности для каждого поворота заготовки на  $z_i$  необходимо выполнить  $89^4$  расчетов для подбора сменных колес. Поэтому никакие существующие таблицы для подбора сменных зубчатых колес [6] не смогут дать ответ, при каком угловом повороте заготовки точность кинематической настройки на данном станке будет наивысшая. Например, при обработке зубчатого колеса с  $z = 139$  можно получить погрешность в 54 раза больше, если при

делении поворачивать заготовку на  $z_i = 8$ , а не на  $z_i = 30$ .

Таблица

Минимальные погрешности при кинематической настройке делительной цепи зубошлифовального станка мод. 5М841

$z_i$	Погрешность кинематической настройки $\Delta\varphi$ , угловых секундах одного поворота стола для числа зубьев заготовки $z$								
	101	103	107	109	113	127	131	137	139
8	3,24	1,47	2,8	2,91	2,83	9,89	9,14	2,27	17,9
9	0,95	3,19	1,85	2,86	1,44	5,79	5,92	3,50	6,57
10	1,98	0,90	3,50	1,78	4,84	0,80	4,69	2,24	0,77
11	2,50	0,93	0,49	1,31	6,10	2,55	2,34	2,21	1,16
12	0,93	0,95	0,98	1,44	2,16	2,34	2,78	2,14	3,30
13	0,69	1,93	1,13	2,42	0,98	0,75	1,11	0,90	1,73
14	<b>0,41</b>	1,96	1,80	0,85	1,34	0,90	1,93	1,18	2,68
15	1,93	1,00	1,03	2,83	0,93	3,81	2,73	2,47	0,33
16	2,91	1,26	1,78	1,03	1,21	<b>0,42</b>	0,79	0,85	1,78
17	1,13	1,08	1,08	0,49	1,34	1,52	1,55	2,34	0,67
18	1,18	1,42	1,21	1,39	<b>0,44</b>	0,88	2,94	1,78	1,18
19	1,98	0,57	0,67	0,54	1,29	1,78	2,50	1,00	<b>0,44</b>
20	1,67	0,62	1,80	1,11	1,13	0,82	1,47	<b>0,46</b>	0,87
21	1,13	0,57	1,31	1,57	<b>0,44</b>	<b>0,44</b>	<b>0,36</b>	<b>0,49</b>	0,93
22	0,54	1,39	0,93	0,95	0,57	0,80	0,95	0,88	1,18
23	1,24	0,54	0,88	1,06	0,49	0,85	0,90	<b>0,51</b>	1,75
24	0,59	0,77	2,65	1,57	0,52	0,52	1,21	0,57	1,06
25	0,88	<b>0,46</b>	1,26	1,18	1,55	1,91	1,65	1,83	1,36
26	0,69	0,85	0,54	1,24	1,03	0,63	1,11	<b>0,46</b>	<b>0,39</b>
27	1,42	1,21	<b>0,23</b>	<b>0,44</b>	0,82	0,64	1,03	1,08	0,59
28	0,82	1,42	0,85	1,49	1,80	0,59	1,70	0,64	1,24
29	0,54	0,70	0,95	<b>0,41</b>	1,49	0,46	1,85	1,36	<b>0,36</b>
30	1,70	0,62	0,62	1,80	1,31	0,46	1,39	1,18	<b>0,33</b>
31	<b>0,46</b>	0,72	1,44	1,26	0,49	0,82	0,64	0,85	0,90

Примечания. 1.  $z_i$  — число пропускаемых при делении зубьев. 2. Погрешности приведены без указания знаков.

Накопленная угловая погрешность поворота при обработке заготовки будет в  $z$  раз больше, чем при одном угловом повороте. Накопленная угловая погрешность шага по колесу  $F_{pr}$  из-за вынужденно неточной настройки гитары деления, выраженная в микрометрах, определяется по следующей формуле:

$$F_{pr} = \frac{mz^2 \Delta\varphi}{413 \cos\beta}, \quad (1)$$

где  $m$  — модуль шлифуемой заготовки, мм;  $z$  — число зубьев;  $\Delta\varphi$  — приведенная в таблице погрешность одного углового поворота, ″;  $\beta$  — угол наклона зуба (для косозубых колес).

Вычислим накопленную погрешность шага по колесу при шлифовании на станке мод. 5М841 заготовки прямозубого колеса модулем  $m = 3$  мм с  $z = 131$ . Из таблицы выбираем такой угловой поворот при делении, при котором станок будет давать минимальную погрешность кинематической настройки. Так, для колеса с  $z = 131$  деление нужно осуществлять через  $z_i = 21$  зуб.

Подставив в зависимость (1) соответствующие значения, получим, что при обработке на станке мод. 5М841 зубчатого колеса с  $z = 131$  накопленная погрешность по колесу составит 45 мкм.

Согласно ГОСТ 1643—81 «Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски» вычисленная погрешность соответствует 6-й степени по нормам точности для прямозубого колеса с  $z = 131$ . Поскольку помимо рассмотренной здесь погрешности, обусловленной неточно настроенной гитарой деления, при обработке возникнут и другие отклонения, то реально можно обеспечить в этом случае лишь 7-ю степень по ГОСТ 1643—81.

Когда требуется более высокая кинематическая точность, необходимо изготовить дополнительное сменное зубчатое колесо в набор гитары деления с числом, равным числу зубьев шлифуемой заготовки.

Если же при шлифовании зубчатого колеса выбрать угловой поворот, соответствующий

$z_i = 8$  (обычно на производстве принимают  $z_i \leq 11$ ), то накопленная погрешность по колесу будет в 16,5 раз хуже. Следовательно, в самом станке скрыты резервы повышения точности обработки и использовать их можно, имея для каждой модели зубошлифовальных станков таблицы, подобные приведенной в данной работе.

### Выводы

Для повышения точности обработки зубчатых колес с простым числом зубьев более 100 на зубошлифовальных станках следует использовать следующие резервы:

- 1) кинематическую настройку осуществлять, используя автоматизированный метод подбора сменных колес с помощью ЭВМ;
- 2) при проектировании набора сменных зубчатых колес гитар деления его нужно предусматривать с большим числом  $z_{см}$ , в том числе с простыми числами более 100.

### Литература

1. *Вереина Л.И., Фрадкин Е.И.* Повышение точности зубошлифования плоским кругом с двусторонним коническим профилем // Станки и инструмент. 1992. № 5. С. 13—16.
2. *Фрадкин Е.И., Колобанов М.В., Вереина Л.И.* Зависимость погрешностей шага зубчатого колеса от точности настройки гитары деления зубошлифовального станка // СТИН. 1993. № 5. С. 7—10.
3. *Фрадкин Е.И.* Повышение точности зубошлифования оптимальным делением // Вестник машиностроения. 1995. № 8. С. 22—27.
4. *Вереина Л.И., Фрадкин Е.И.* Уменьшение шаговых погрешностей при зубо- и шлицешлифовании за счет оптимального деления // СТИН. 1997. № 11. С. 16—21.
5. *Вереина Л.И.* Подбор сменных зубчатых колес в кинематических цепях зуборезных станков с помощью ЭВМ // Станки и инструмент. 1989. № 4. С. 27—29.
6. *Петрик М.И., Шишков В.А.* Таблицы для подбора зубчатых колес. М: Машиностроение, 1973. 527 с.

Статья поступила в редакцию 07.08.2012