

**ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ МЕТЧИКА НА ОТКЛОНЕНИЯ
ШАГА РЕЗЬБЫ В ЧУГУНЕ**

Наряду с отклонениями половины угла профиля резьбы погрешности ее шага влияют на эффективный натяг в плотных резьбовых соединениях и циклическую прочность резьбовых пар.

Исследования, выполненные в Белорусском политехническом институте методом однофакторного эксперимента на вертикально-сверлильном станке мод. 2А125 по нарезанию резьбы М16×2 в чугуне СЧ 18-32 самозатягиванием метчика из стали Р18, повторяли 10 раз. В результате нарезано 780 отверстий. В связи с отсутствием методов неразрушающего контроля шага и половины угла профиля резьб указанного размера и с целью сокращения трудоемкости экспериментов отклонения шага оценивали по результатам измерения среднего диаметра резьбы.

Тщательный анализ формообразования резьбы позволил перейти от разбивания резьбы по среднему диаметру к уширению впадин резьбы на разных уровнях от средней линии профиля и получить формулы для расчета отклонений шага на уровне средней линии профиля резьбы метчика [1]. Осевыми силами, возникающими в процессе резания, метчик прижимается к опорным сторонам резьбы. В исследуемом случае – к сторонам, формируемым боковыми режущими кромками метчика, обращенными к хвостовику. По этим сторонам шаг нарезанной резьбы равен шагу резьбы метчика. По сторонам, противоположным опорным, шаг резьбы вычисляется по формулам:

$$\overline{\Delta P}_i = (\overline{\Delta d}_{2,i+1} - \overline{\Delta d}_{2,i}) \operatorname{tg} \beta / 2;$$

$$\overline{\Delta P}_\Sigma = \sum_{i=3}^{n-2} \overline{\Delta P}_i = (\overline{\Delta d}_{2,10} - \overline{\Delta d}_{2,3}) \operatorname{tg} \beta / 2,$$

где $\overline{\Delta P}_i$ – среднее значение отклонений шага на i -м витке со стороны захода метчика; $\overline{\Delta P}_\Sigma$ – накопленная ошибка шага на нормируемой длине резьбы (общее число нарезанных витков резьбы 12, два первых и два последних в расчет не приняты как ненормируемые); $\overline{\Delta d}_2$ – среднее значение разбивания собственно среднего диаметра резьбы на витках $i, i-1, i+1, n-2$; n – число витков резьбы в образце.

Привлечение математической статистики обеспечило получение формул расчета доверительных интервалов для $\overline{\Delta P}_i$ и $\overline{\Delta P}_\Sigma$:

$$\delta \overline{\Delta P}_i = t Z_\alpha \left(\frac{S_{\Delta d_{2,i}}^2 + S_{\Delta d_{2,i+1}}^2}{m} \operatorname{tg} \beta / 2 \right)^{0,5};$$

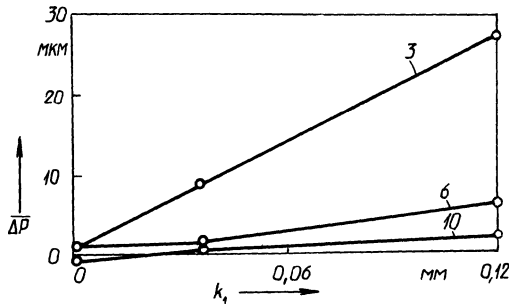


Рис. 1. Влияние затылывания по профилю K_1 метчика типа А на отклонения шага $\overline{\Delta P}$ резьбы на витках 3, 6, 10

$$\delta \overline{\Delta P}_{\Sigma} = \pm Z_{\alpha} \left(\frac{S^2 \Delta d_{23} + S^2 \Delta d_{210} \operatorname{tg} \beta / 2}{m} \right)^{0,5},$$

где Z_{α} — нормированное значение функции Лапласа для уровня надежности α ; S — исправленное среднее квадратичное отклонение Δd_2 на соответствующих витках резьбы $i, i-1, i+1, 3, 10$ и т.д.; m — число степеней свободы.

Для уменьшения трудоемкости расчетов и исключения возможности появления в них ошибок разработаны алгоритм и программа расчета на ЭВМ. В результате получены погрешности на всех двенадцати витках нарезанной резьбы, но погрешности на двух первых и двух последних витках в расчет не принимались, так как точность резьбы этих витков стандартами не регламентирована. Значения погрешностей для 3-го, 6-го и 10-го витков резьбы сведены в табл. 1, а некоторые из них представлены графиками на рис. 1 и 2.

Условные обозначения, принятые на рисунках и в таблице: γ — передний угол метчика; α — задний угол на заборной части; φ — угол заборной части; K_1 — затылывание по профилю на угловом шаге перьев; Δd — обратная конусность по среднему и наружному диаметрам на длине 100 мм; ω — угол наклона винтовых стружечных канавок; l_k — длина калибрующей части в шагах резьбы; b — ширина пера у метчиков типа А и ширина незатылованной по профилю части пера у метчиков типа Б; Φ — форма заборной части, *исх* — исходная, заборный конус получен шлифованием по наружному диаметру, *кон* — резьба на заборном конусе слегка коническая, в работе участвуют не только вершинные, но частично и боковые режущие кромки; e — радиальное биение главных режущих кромок, получено занижение кромок на трех перьях из четырех; *вед. элем.* — ведущие элементы на боковых сторонах резьбы метчика, получены затылыванием по профилю резьбы на калибрующей части со спадом затылка в сторону спинки пера и передней поверхности от середины пера (метчик с бочкообразными зубьями на ведущей части), "4" — есть бочкообразные зубья, " — " — нет; в рамку заключены исходные параметры метчика, принятые при исследованиях.

На основе анализа результатов эксперимента можно сделать следующие выводы.

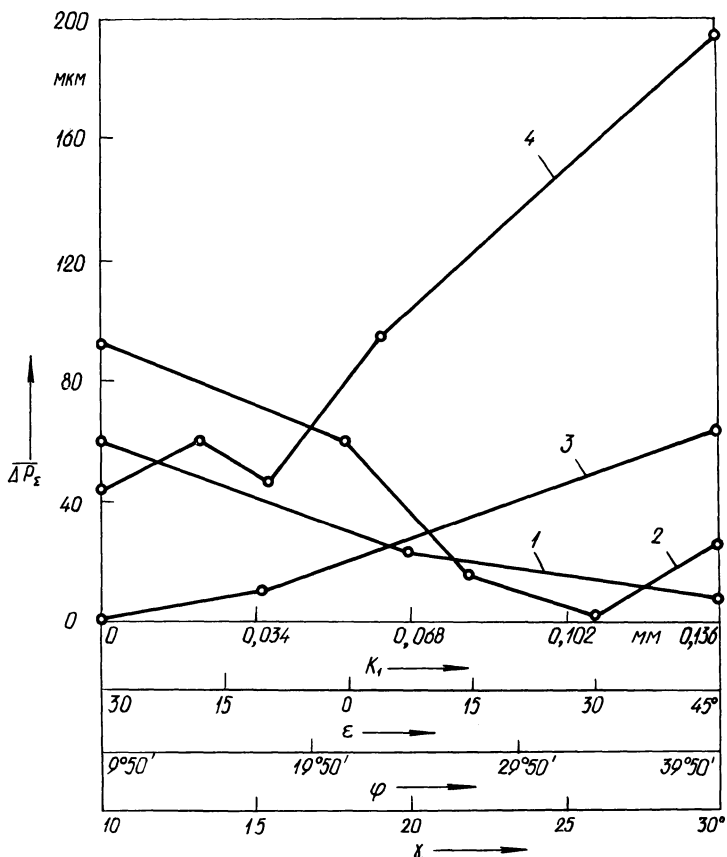


Рис. 2. Влияние параметров метчика типа А на накопленную погрешность шага резьбы $\overline{\Delta P_{\Sigma}}$:
 1 – переднего угла γ ; 2 – угла наклона стружечных канавок ε ; 3 – затылования по профилю K_1 ; 4 – угла заборной части φ

1. В условиях эксперимента отклонения ошибок шага на нормируемом участке резьбы изменялись от 0 до 50 мкм, а наклонная ошибка шага — от 0 до 189 мкм.

2. Наибольшие погрешности шага получены при нарезании метчиками типа А (затылованы по профилю на всей ширине пера). Изменение погрешностей шага резьб, нарезанных метчиками типа Б (затылованы по профилю на 2/3 ширины пера), составило только 0...10 мкм.

3. От первого со стороны захода метчика к последнему витку резьбы погрешности шага уменьшаются.

4. Характер изменения отклонений шага резьбы, а также влияние на них параметров метчика такие же, как характер изменения разбивания среднего диаметра, и определяются теми же причинами, в основном осевыми и радиальными силами, воздействующими на метчик, что подробно изложено в уже опубликованных работах В.И. Шагуна, например [2].

5. Статистически значимо влияние на $\overline{\Delta P}_\Sigma$ всех параметров метчиков типа А, кроме ширины пера, а на $\overline{\Delta P} - \gamma, \varphi, K_1, \omega$. Для метчиков типа Б статистически значимо влияние ω на $\overline{\Delta P}$ и $\overline{\Delta P}_\Sigma$, а на $\overline{\Delta P}_\Sigma$ — влияние l_k, b и e . Однако характер изменения незначимых величин $\overline{\Delta P}$ всегда повторяет характер изменения $\overline{\Delta P}_\Sigma$, что позволяет предположить о наличии влияния исследованных параметров метчика на $\overline{\Delta P}$, но только из-за недостаточной разрешающей способности эксперимента оно не может считаться существенным.

Табл. 1. Отклонения шага резьбы $\overline{\Delta P}$ и накопленная ошибка шага $\overline{\Delta P}_\Sigma$

Параметры датчика	Метчик типа А				Метчик типа Б			
	$-\overline{\Delta P}$ (мкм) на витках			$-\overline{\Delta P}_\Sigma$, мкм	$-\overline{\Delta P}$ (мкм) на витках			$-\overline{\Delta P}_\Sigma$, мкм
	3	6	10		3	6	10	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
γ , град:								
5	—	—	—	—	1,7	+0,1	0,1	2,8
10	25,3	5,4	0,4	62,2	2,5	+0,1	0,9	5,1
15	—	—	—	—	2,5	+0,9	0,4	2,9
20	10,9	+0,6	8,1	24,7	2,4	0,2	0,2	3,3
30	4,1	0,1	0,6	11,2	3,9	0,2	+0,2	5,4
α , град:								
5	25,3	5,4	0,4	62,2	2,5	+0,1	0,9	5,1
10	12,9	6,8	0,1	39,8	0,9	0,1	1,0	3,3
15	13,8	9,9	1,0	62,1	+1,0	0,7	0,3	10,2
φ , град:								
9° 50'	15,6	3,9	0,4	43,5	3,2	0,2	+0,1	6,3
14° 50'	25,3	5,4	0,4	62,2	0,9	+0,1	+0,2	0,9
18°	12,9	5,0	0,1	44,5	1,6	0,8	+0,2	2,5
25° 20'	49,8	8,2	0,5	97,1	2,3	+0,4	+0,5	2,6
39° 50'	32,6	22,6	1,2	189,4	4,2	1,2	0,7	10,3
K_1 , мм								
0	0,9	0,9	+0,2	3,2	0,9	0,9	+0,2	3,2
0,036	4,0	0,8	0,1	9,4	—	—	—	—
0,135	25,3	5,4	0,4	62,2	—	—	—	—
0,220	17,0	4,8	+1,6	39,3	1,5	0,4	0,1	4,0
0,400	28,4	8,4	+1,1	60,0	2,5	+0,1	0,9	5,1
0,600	—	—	—	—	+0,2	0,5	0,5	1,4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Δd , мм:								
0,03	18,0	4,0	+0,5	43,3	—	—	—	—
0,05	—	—	—	—	1,4	0,9	+0,2	4,0
0,10	25,3	5,4	0,4	62,2	0,9	0,9	+0,2	3,2
0,19	15,8	+3,6	+0,5	34,2	0,6	0	0,4	0,7
ω , град:								
-30	41,4	7,7	+0,6	92,4	1,7	+0,2	+0,1	+2,6
0	25,3	5,4	0,4	62,2	2,5	+0,1	0,9	5,1
15	5,4	1,2	1,2	17,2	0,2	0,2	+0,8	0,4
30	2,7	0,4	0	4,3	6,8	$\pm 0,9$	+0,3	11,1
45	8,5	3,7	0,9	26,2	5,8	2,4	1,2	22,7
l_{κ} :								
15P	20,8	4,6	0,8	47,9	3,5	+0,2	0,4	3,6
10P	18,8	3,6	0,8	44,1	1,2	+0,1	0,4	1,1
5P	6,5	6,1	0	20,2	0,6	+0,2	0,4	0,8
b , мм:								
4,4	1,2	0,2	0,2	1,3	—	—	—	—
3,5	1,0	0	0,2	+ 0,1	—	—	—	—
2,6	1,3	0,1	0,2	1,2	—	—	—	—
1,5	—	—	—	—	0,7	+0,1	0,3	1,0
1,1	—	—	—	—	1,4	0,1	+0,1	2,1
0,7	—	—	—	—	4,3	1,5	0,1	11,0
ϕ :								
ИСХ	25,3	5,4	0,4	62,2	2,5	+0,1	0,9	5,1
кон	10,9	5,6	0,3	46,0	2,9	1,4	0,4	11,4
e , мм:								
0	25,3	5,4	0,4	62,2	2,5	+0,1	0,9	5,1
0,06	20,6	6,7	+0,4	65,9	2,8	0,3	0	6,7
0,20	15,0	1,9	6,5	42,4	6,8	+0,9	0,1	7,7
0,40	28,4	15,3	10,7	77,4	9,8	1,1	12,7	34,6
Вед. элем.								
+ $\varphi = 14^{\circ} 50'$	26,8	1,7	+0,6	43,4	—	—	—	—
- $\varphi = 14^{\circ} 50'$	25,3	5,4	0,4	62,2	—	—	—	—
+ $\varphi = 39^{\circ} 50'$	2,6	+2,1	0,6	+ 0,3	—	—	—	—
- $\varphi = 39^{\circ} 50'$	32,6	22,6	1,2	189,4	—	—	—	—

б. По убыванию степени влияния параметры метчика типа А располагаются в такой последовательности: на $\overline{\Delta P} - \varphi, \omega, K_1, \gamma$; на $\overline{\Delta P}_\Sigma - \varphi, \omega, K_1, \gamma, \Delta d, l_k, \alpha$, вед. элем., Φ .

С целью повышения точности резьбы по шагу необходимо исключить осевые и радиальные силы или ограничивать их влияние.

Осевая сила резания отсутствует при нарезании резьбы по профильной схеме резания или генераторной с удалением припуска слоями, параллельными оси метчика. Уменьшение осевых сил достигается при уменьшении φ , увеличении параметров γ, α и ω метчика до 30° , если направление вращения метчика и направление стружечных канавок одинаковы.

Ограничение влияния осевых сил имеет место при уменьшении K_1 вплоть до нуля увеличением Δd метчика, созданием на боковых сторонах метчика опорных элементов, воспринимающих осевую силу. Полное устранение влияния осевых сил возможно при нарезании резьбы по копиру с наладкой, строго обеспечивающей закон винтового движения метчика.

Радиальные силы уменьшаются в случае оптимизации угла φ [3]. Снижение их влияния достигается за счет условий, ограничивающих радиальные колебания метчика: создание на метчике направляющих частей, опорных элементов на затылочных поверхностях заборной части, наружном цилиндре, боковых поверхностях и др.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шагунов В.И., Кудрявцева Л.Т. Неразрушающий способ контроля отклонений шага внутренних резьб // *Машиностроение*. — Мн., 1985. — Вып. 10. — С. 99–101.
2. Шагунов В.И. Влияние геометрических и конструктивных параметров машинных метчиков на размеры резьбы, нарезаемой в стали // *Резьбообразующие инструменты*. — М., 1988. — С. 229–241.
3. Шагунов В.И. Выбор выгодных значений угла заборного конуса метчиков // *Пром-сть Белоруссии*. — 1968. — № 2. — С. 59–60.

УДК 628.7.023.72

А.Д. МАЛЯРЕНКО, канд. техн. наук,
Ю.В. КАСПЕР (БПИ)

ДАВЛЕНИЕ В ЗОНЕ КОНТАКТА ИНСТРУМЕНТА С ДЕТАЛЬЮ ПРИ ОБРАБОТКЕ СФЕРИЧЕСКИХ ЛИНЗ

Одним из основных параметров, определяющих характер и величину съема припуска, а также износ алмазного инструмента при шлифовании деталей из стекла, является нормальное давление в зоне контакта инструмента с деталью. Знание закона распределения нормальных усилий по площадке контакта при известной скорости резания (относительного проскальзывания) в каждой точке позволит определить объем материала, снимаемого инструментом с поверхности заготовки в любой момент времени.

На закон распределения давления влияет площадь взаимного контакта, угловое положение инструмента относительно детали, траектория движения инструмента по детали и т.п.