

появляются куски сливной стружки, длина которых с увеличением подачи и глубины просверливаемого отверстия возрастает. При подачах 0,15 и 0,195 мм/об можно производить сверление только до глубины  $l = 6d$ . Уже на этой глубине отверстия сверло поскрипывало, появлялись вибрации, условия работы инструмента ухудшались.

Влияние глубины сверления на температуру в зоне резания исследовалось при скоростях резания 15...50 м/мин и подачах 0,07...0,195 мм/об. Установлено, что увеличение глубины сверления до 7 диаметров приводит к росту температуры в 1,2 раза при скорости резания 30 м/мин и подаче 0,1 мм/об. При сверлении на режимах, обеспечивающих стойкость сверла 90...100 мин, температура после врезания сверла в заготовку увеличивалась лишь на 15...17°C, вид стружки в процессе резания при этом не изменялся.

Расчет температуры резания в исследованном диапазоне скоростей может быть произведен по формуле

$$\theta^{\circ} = 42,5 v^{0,42} S^{0,36} K_1.$$

Коэффициент  $K_1$ , учитывающий глубину сверления, можно определить по следующим данным:

1	3d	5l	6l	7l
$K_1$	1,0	1,1	1,13	1,14

**Резюме.** При сверлении меди М3 сверлами из быстрорежущей стали со специальной заточкой в зоне скоростей 30-35 м/мин наблюдается подъем температур в 1,2-1,3 раза. Увеличение глубины сверления до 7d приводит к росту температуры в 1,2 раза. Приведена расчетная зависимость для определения температуры резания при сверлении меди М3.

УДК 621.993.015

В.И. Шагун, канд.техн.наук

### ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ МАШИНЫХ МЕТЧИКОВ НА ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТЕЙ РЕЗЬБЫ, НАРЕЗАННОЙ В СТАЛИ

Резьбу нарезали в стали 45 методом самозатягивания четырехканавочными метчиками двух типов: типа А (затылованы по профилю на всей ширине пера) и типа Б (затылованы по профилю на 2/3 ширины пера). Исходные параметры метчиков:

задний угол  $5^{\circ}$ ; передний угол  $10^{\circ}$ ; угол заборного конуса -  $14^{\circ}50'$ ; обратная конусность -  $0,1:100$  мм, стружечная канавка прямая; величина затылования по профилю на угловом шаге перьев  $0,135$  мм для метчиков типа А;  $0,4$  мм для метчиков типа Б. Исследовалось влияние на шероховатость поверхности резьбы радиального биения перьев метчика на заборной части, ширины незатылованной части пера метчиков типа Б, длины калибрующей части метчиков, а также направления стружечной канавки.

Поперечную шероховатость резьбы измеряли на микроскопе МИС-11 в разных сечениях по длине резьбы и с разных сторон. Относительная погрешность результатов эксперимента от  $\pm 15$  до  $\pm 25\%$  при уровне надежности  $0,95$ . Анализ результатов эксперимента позволяет полагать, что на шероховатость поверхностей нарезаемой резьбы заметно влияют силы резания, которые следующим образом сказываются на формировании микрорельефа.

Под действием осевой составляющей силы резания метчик прижимается к одной из сторон витков нарезаемой резьбы и срезает с этих сторон дополнительную стружку. На сторонах, противоположных опорным, остаются ступеньки, увеличивающие их шероховатость. По мере продвижения метчика в отверстие подрезание каждого последующего витка резьбы уменьшается, так как уменьшаются удельные давления от осевой силы на опорных сторонах витков резьбы в связи с увеличением числа лезвий метчика, участвующих в резании.

В соответствии с изложенным шероховатость опорных сторон витков резьбы меньше, чем противоположных, и по мере захода метчика в отверстие шероховатость опорных поверхностей увеличивается, а противоположных уменьшается. Изменение шероховатости по длине отверстия и разница в шероховатости опорных и противоположных сторон тем больше, чем сильнее подрезание резьбы под действием осевых сил: на заходе метчика высота  $R_z$  микронеровностей на опорных сторонах витков резьбы, нарезанной метчиками типа А, на  $9 \dots 13$  мкм меньше, чем на противоположных сторонах, а у нарезанных метчиками типа Б - всего лишь на  $4 \dots 9$  мкм. По мере захода метчика  $R_z$  опорных поверхностей резьбы увеличивается от  $5$  до  $7$  мкм, а противоположных уменьшается от  $17$  до  $13$  мкм при работе метчиками типа А, а при работе метчиками типа Б указанные изменения находятся в пределах  $6 \dots 13$  и от  $14 \dots 11$  мкм соответственно.

Таблица 1

Тип метчика	Конструктивные особенности метчика	Шероховатость $R_z$ , мкм						
		на опорной стороне в сечениях			на противоположной стороне в сечениях			
		1	2	3	1	2	3	
А	Длина калибрующей части в шагах, мм	5 S	4,4	5,1	5,7	17,2	15,0	13,9
		10 S	5,2	6,2	4,3	14,9	13,0	16,1
		15 S	5,0	5,0	5,0	16,0	15,0	13,0
Б		5 S	9,7	10,9	11,7	14,0	13,9	10,9
		15 S	3,9	8,5	11,1	12,5	13,3	13,3
Б	Ширина незатылованной части пера, мм	0,7	5,1	6,3	15,0	14,7	12,8	13,0
		1,1	4,3	10,4	9,2	9,1	17,0	11,9
		1,5	5,6	11,9	13,0	11,7	11,9	12,8
А	Радиальное биение перьев на заборной части, мм	0	5,0	5,0	5,0	16,0	16,0	13,0
		0,06	5,3	6,2	4,4	16,2	15,6	14,5
		0,20	4,6	4,9	5,1	13,2	13,1	13,2
		0,37	5,4	5,7	6,8	14,1	12,9	15,0
Б		0	5,0	9,0	9,0	16,0	16,0	15,0
		0,06	5,5	8,3	14,3	17,2	14,8	15,8
		0,21	5,2	5,6	7,3	17,3	12,4	14,8
		0,43	5,0	7,0	8,6	27,0	17,7	16,9
А	Угол наклона стружечной канавки, град	0	5,0	5,0	5,0	16,0	15,0	13,0
Б		0	5,0	9,0	9,0	16,0	16,0	45,0
А		30	9,8	8,8	10,7	7,5	9,4	8,4
Б		30	12,0	11,9	11,2	10,9	10,3	13,3
А	Опорные боковые лезвия не завалены		4,4	4,6	4,6	16,0	15,0	13,0
А	То же завалены		6,2	12,9	16,4	15,4	11,5	8,5

Математически значимо влияние только типа метчика (затылованный по профилю на всей ширине пера или только по части, с прямой или винтовой стружечной канавкой). Влияние других факторов математически неопределенно, однако повторяемость характера изменения шероховатости в разных сечениях по длине отверстия позволяет отметить влияние осевых и радиальных сил посредством изменения длины калибрующей части, ширины незатылованной по профилю части пера и радиального биения перьев метчика на заборной части.

Влияние осевых сил на шероховатость поверхностей нарезаемой резьбы подтверждается работой метчиков с ограниченной режущей способностью боковых опорных лезвий на калибрующей части в результате их искусственного притупления. После притупления опорных лезвий изменение шероховатости по длине отверстия стало меньшим, а шероховатость опорных сторон и противоположных - приблизительно одинаковой.

Конкретные значения шероховатости поверхностей резьбы в зависимости от исследованных факторов приведены в табл. 1, где первое сечение – начало резьбы, второе – середина длины нарезки и третье – конец (на выходе метчика).

Резюме. Результаты опытов обнаружили влияние осевых сил на формирование микрорельефа поверхности резьбы, что позволяет управлять шероховатостью этих поверхностей соответствующим выбором параметров метчика и условий нарезания.

УДК 621.95

Е.Э. Фельдштейн

### ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИИ СВЕРЛА НА УСАДКУ СТРУЖКИ

Деформация стружки в процессе резания оказывает влияние на силы резания, температуру в зоне резания, интенсивность износа сверла. Наиболее простой и распространенной оценкой деформации стружки является ее усадка. Исследование влияния, оказываемого на усадку стружки различными параметрами процесса резания, дает возможность выбрать оптимальные условия протекания процесса резания.

Существенную роль в оптимизации процесса резания играют геометрические параметры сверла. Они определяют ширину и толщину срезаемого слоя, условия дробления и отвода стружки, условия наростообразования на режущих лезвия сверла. Выбор оптимальных углов заточки обеспечивает высокую стойкость сверла и требуемое качество детали. Оптимизация геометрических параметров сверла по усадке стружки осуществлялась при сверлении стали 45 шнековыми сверлами диаметром 12 мм с подачей 0,17 мм/об и скоростью резания 17 м/мин. Усадка определялась весовым методом при рассверливании трубок. Шнековые сверла имели трапециевидальный порожек для дробления стружки. Геометрические параметры сверла выбирались на основании имеющихся данных о процессе сверления стали 45 [1] и изменялись в следующих пределах: угол при вершине  $2\varphi = 90 - 120^\circ$ , задний угол  $\alpha = 6 - 18^\circ$ , передний угол  $\gamma = 4 - 20^\circ$ , угол наклона стружколомающего порожка  $\tau_1 = 2 - 12^\circ$ .

Исследования проводились методом центрального композиционного планирования. На основании проведенных экспериментов было получено уравнение для определения усадки стружки:  $\xi_r = 0,0004(2\varphi)^2 + 0,0035\gamma^2 + 0,0048\tau_1^2 - 0,084(2\varphi) - 0,102\gamma - 0,067\tau_1 +$