

дит к увеличению длины контакта, большему разогреванию поверхности металла и зерен и повышенному износу круга.

УДК 621.993.042

В.И.Шагун

## ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОНСТРУКЦИИ МАШИННЫХ МЕТЧИКОВ НА ОТКЛОНЕНИЯ ФОРМЫ СРЕДНЕГО ЦИЛИНДРА РЕЗЬБЫ, НАРЕЗАЕМОЙ В СТАЛИ

Эксплуатационные свойства резьбовых соединений во многом зависят от точности формы среднего цилиндра резьбы в осевом и поперечном сечениях, которая характеризуется отклонением формы продольного сечения, отклонением образующей среднего цилиндра от направления, параллельного оси резьбы, и овальностью поперечного сечения этого цилиндра. Значения параметров точности в зависимости от параметров метчика приведены в табл. 1.

Исследования проводились по методу классического эксперимента путем варьирования одного фактора при сохранении постоянными всех остальных, таких как вертикально-сверлильный станок 2А125 с тщательно уравновешенным шпинделем, отключенной коробкой подачи и специальным устройством по стабилизации усилия врезания метчика для нарезания резьбы методом самозатягивания; патрон для крепления метчика — плавающий; образцы из стали 45 твердостью НВ . . .170 в виде втулок высотой 25 мм, наружным диаметром 48мм и диаметром отверстия под резьбу  $14^{+0,019}$  мм, смещение и перекося осей нарезаемых отверстий по отношению к оси вращения шпинделя станка не более 10...15мкм на длине отверстия; метчики четырехканавочные М16х2 из стали Р18 с прямыми канавками, затылованные по профилю на всей ширине пера (тип А) и затылованные по профилю на 2/3 ширины пера (тип Б) с параметрами (ширина пера 4,4 мм; длина калибрующей части 30 мм; передний угол  $10^{\circ}$ ; задний угол  $5^{\circ}$ ; угол заборного конуса  $14^{\circ} 50'$ ; обратная конусность по среднему и наружному диаметрам резьбы 0,1 : 100 мм; величина затылования по профилю на угловом шаге перьев 0,135 мм (тип А) и 0,400 мм (тип Б); радиальное биение режущих кромок заборной части не более 10 мкм; скорость резания 10 м/мин; СОЖ — сульфидфрезол, подача поливом с расходом 10 л/мин; нарезаемая резьба — сквозная.

Данные табл. 1 говорят о существенном влиянии на отклонения формы продольного сечения среднего цилиндра резьбы всех приведенных параметров метчика, за исключением длины калибрующей части и заваливания боковых опорных режущих кромок метчиков типа Б. Характер изменения овальности среднего цилиндра повторяет характер изменения формы продольного сечения, но математически значимо влияние только радиального биения режущих кромок на заборной части и типа метчика, заваливания боковых опорных режущих кромок у метчиков типа А со снятием на этих кромках фасок шириной 0,25мм под углом 45° к оси метчика.

Т а б л и ц а 1. Погрешности формы среднего цилиндра резьбы М16х2, нарезанной в стали

| № п/п | Параметры метчика   | Тип метчика                               |                 |   |   |                 |   |        |        |
|-------|---|---|-----------------|---|---|-----------------|---|--------|--------|
|       |   | А   |                 |   | Б   |                 |   |        |        |
|       |   | отклонения формы продольного сечения, мкм | овальность, мкм | номера витков резьбы с нулевым отклонением образующей | отклонения формы продольного сечения, мкм | овальность, мкм | номера витков резьбы с нулевым отклонением образующей |        |        |
| 1     | Ширина неза-<br>тылованной<br>по профилю<br>части пера,<br>мм | 0,7                                       | 2,6*            | 33  | 3,0                                       | 8...10          | 76  | 3,4    | 7...10 |
|       |   | 1,1                                       | 3,5*            | 42  | 4,3                                       | 8...10          | 16  | 2,6    | 5... 9 |
|       |   | 1,5                                       | 4,4             | 183   | 3,6                                       | 9...10          | 12  | 2,0    | 9...11 |
| 2     | Радиальное би-<br>ение перьев на<br>заборной части,<br>мм     | 0,00                                      | 664             | 9,1   | 9   | 18              | 2,3   | 5...11 |        |
|       |   | 0,06                                      | 538             | 9,2   | 10  | 75              | 4,0   | 6... 9 |        |
|       |   | 0,20                                      | 406             | 11,2  | 10...11                                   | 227             | 13,8  | 11     |        |
|       |   | 0,40                                      | 578             | 13,5  | 11  | 537             | 34,3  | 11     |        |
| 3     | Длина калибру-<br>ющей части, мм                              | 10  | 252             | 5,1   | 8... 9                                    | 22              | 3,4   | 3... 5 |        |
|       |   | 20  | 453             | 5,1   | 10  | 16              | 3,2   | 4... 7 |        |
|       |   | 30  | 664             | 3,7   | 10  | 23              | 3,4   | 5... 9 |        |
| 4     | Завалены бо-<br>ковые опор-<br>ные режущие<br>кромки          | не завалены                               | 664             | 9,1   | 9   | 13              | 3,5   | 5... 9 |        |
|       |   | все                                       | 14              | 3,8   | 3...11                                    | 26              | 4,7   | 11     |        |
|       |   | калибрую-<br>щие                          | 64              | 4,5   | 9...11                                    | 22              | 3,9   | 2... 5 |        |

Окончание табл.

| №<br>п/п | Параметры метчика | Тип метчика  |                         |  |  |                         |   |        |
|----------|-------------------|--|-------------------------|--|--|-------------------------|---|--------|
|          |                   | А  |                         |  | Б  |                         |   |        |
|          |                   | откло-<br>нения<br>формы<br>про-<br>дольно-<br>го се-<br>чения,<br>мкм | оваль-<br>ность,<br>мкм | номе-<br>ра вит-<br>ков<br>резьбы<br>с нуле-<br>вым<br>откло-<br>нением<br>обра-<br>зующей | откло-<br>нения<br>формы<br>про-<br>доль-<br>ного<br>сечения,<br>мкм | оваль-<br>ность,<br>мкм | номе-<br>ра вит-<br>ков<br>резьбы<br>с нуле-<br>вым<br>откло-<br>нени-<br>ем об-<br>разую-<br>щей |        |
| 5        | Тип метчика       | $\omega = 0$   | 664                     | 9,1  | 9  | 18                      | 2,3   | 5...11 |
|          |                   | $\omega = 30^\circ$  | 20                      | 6,8  | 4...10   | 24                      | 2,8   | 4... 7 |
|          |                   | К  | 249                     | 8,0  | 8... 9   | 51                      | 5,7   | 4... 6 |
|          |                   | М  | 117                     | 9,3  | 5... 6   |                         |   |        |
| 6        | Отклонения        | -100   | 336                     | 6,1  | 9...10   |                         |   |        |
|          | шага резьбы,      | -50  | 411                     | 7,0  | 10   |                         |   |        |
|          | мкм на 25 мм      | 0  | 664                     | 9,1  | 9  |                         |   |        |
|          | длины             | + 50   | 316                     | 4,6  | 8...10   |                         |   |        |
|          |                   | + 100  | 411                     | 5,9  | 10   |                         |   |        |
| 7        | Отклонения        | -60  | 366                     | 6,0  | 9...10   |                         |   |        |
|          | половины          | -33  | 228                     | 5,5  | 8... 9   |                         |   |        |
|          | угла профиля      | -17  | 485                     | 7,1  | 10   |                         |   |        |
|          | резьбы, мин       | 0  | 664                     | 9,1  | 9  |                         |   |        |
|          |                   | + 23   | 592                     | 8,0  | 9  |                         |   |        |
|          |                   | + 41   | 412                     | 8,1  | 10   |                         |   |        |
|          |                   | + 60   | 502                     | 7,7  | 10   |                         |   |        |

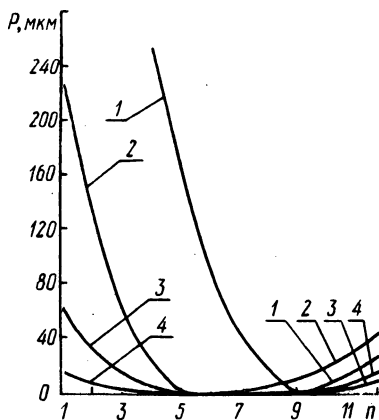
Примечания. 1. Предельная ошибка значений овальности и отклонений формы продольного сечения среднего цилиндра резьбы, нарезанной метчиками типа А, составляет соответственно  $\pm 1,8$  и  $\pm 66$  мкм, а нарезанной метчиками типа Б —  $\pm 1,0$  и  $\pm 15$  мкм. 2. Размеры резьбы на первом и втором витках в расчет не принимались, так как стандартами не регламентированы. Условные обозначения: звездочкой обозначена ширина пера метчика типа А; К — забортная часть метчика, работающего по комбинированной схеме резания (генераторно-профильная); М — метчики с бочкообразными зубьями на ведущей части [2];  $\omega$  — угол наклона правой стружечковой канавки для правой резьбы.

Увеличение отклонений шага и половины угла профиля резьбы метчика неизбежно вызывало увеличение погрешностей нарезаемой резьбы, что сказалось на уменьшении измеренных значений среднего диаметра резьбы, так как метод измерения [1] был аналогичен производственному способу контроля резьбы калибрами. Поэтому уточнения формы среднего цилиндра нарезаемой резьбы при увеличении отклонений шага и половины угла профиля резьбы метчика практически не имеется.

Радиальное биение перьев на заборной части метчика вызывает его биение, что приводит к разбиванию среднего диаметра резьбы, особенно на входе метчика, когда его радиальные колебания ничем не ограничены.

Влияние остальных параметров метчика определяется действием осевых сил резания и сил перемещения шпинделя станка, которые стремятся вытянуть метчик из отверстия и прижимают его боковыми кромками (опорными) к уже частично или полностью образованным виткам нарезаемой резьбы. Под действием этих сил опорные кромки метчика срезают с боковых сторон витков нарезаемой резьбы дополнительную стружку, в результате чего впадина резьбы расширяется и увеличивается средний диаметр резьбы. Разбивание резьбы тем больше, чем больше удельные значения этих сил (отношение силы к единице длины или площади находящихся в работе опорных элементов резьбы метчика). Поэтому по мере захода метчика в отверстие уменьшаются удельные значения осевых сил и разбивание размеров резьбы. Средний цилиндр становится корсетно-коническим, а образующая среднего цилиндра приобретает вид, показанный на рис. 1.

Рис. 1. Отклонение  $P$  образующей среднего цилиндра резьбы на различных витках  $p$  метчиком 1 — типа А; 2 — типа М; 3 — типа Б; 4 — типа А с  $\omega = 30^\circ$ .



Увеличенное разбивание на выходе метчика и дополнительное на входе связаны с увеличением радиального биения метчика из-за возрастания удельных значений (значений на единицу длины работающих главных режущих кромок) вектора — суммы радиальных и тангенциальных сил резания, что обусловлено конструкцией режущей части метчика: различная длина главных режущих кромок на перьях метчика с уменьшени-

ем активной разницы по мере захода режущей части в отверстие и с увеличением по мере выхода.

У метчиков типа Б осевые силы воспринимаются незатылованными площадками, у метчиков типа М – бочкообразными боковыми поверхностями зубьев метчика на ведущей части. Разбивание резьбы в этих случаях меньше, точность формы выше, чем нарезанной метчиками типа А, у которых осевые силы воспринимаются острыми боковыми кромками. Притупление кромок путем заваливания способствует уменьшению разбивания и повышению точности формы резьбы.

Заборная часть типа К исправляет погрешности, вызываемые осевыми силами, так как профилирует впадину резьбы последним режущим зубом, однако из-за возрастающего удельного значения вектора – суммы радиальных и тангенциальных сил – наблюдается увеличение разбивания резьбы метчиками типа Б, которые к осевым силам практически не чувствительны.

Метчики с правой винтовой канавкой под углом  $\omega = 30^\circ$  работали почти с нулевым значением осевых сил, в результате чего достигнута очень высокая точность формы среднего цилиндра нарезанной резьбы. Увеличение ширины незатылованной по профилю части пера приводит к уменьшению удельных значений осевых сил. С увеличением длины калибрующей части возрастает число опорных боковых кромок метчика, участвующих в дополнительном резании, разбивание размеров резьбы становится большим, точность формы среднего цилиндра понижается.

На основании изложенного с целью повышения точности формы среднего цилиндра резьбы, нарезаемой метчиками, и повышения на этой основе эксплуатационных характеристик резьбовых соединений следует уменьшать значения сил, воздействующих на метчик или ограничивать их влияние с помощью методов, указанных в работе [3].

#### Л и т е р а т у р а

1. Шагун В.И., Фельдштейн Э.И. Прибор для измерения внутренних резьб. – Измерительная техника, 1963, №7.
2. Матвеев В.В. Нарезание точных резьб машинными метчиками. – Станки и инструмент, 1963, №2.
3. Шагун В.И., Симончик А.П., Степанов С.И. Влияние геометрических параметров машинных метчиков на отклонения формы среднего цилиндра резьбы, нарезаемой в стали. – В сб.: Машиностроение и приборостроение. Минск, 1974, вып. 6.