

# О резьбах

Большинство изделий, окружающих нас, выполнены с резьбой. И часто, приближение к точным, лидирующим технологиям зависит и от качества резьбы.

Резьба должна быть: не большой, чтобы не подталкивать к излишним габаритам и весу всего изделия; надёжной – и по выдерживанию требуемых усилий и, если необходимо, по удержанию оси свинчивания и точности перемещений по ней. Это касается резьб, как в микроприборах, так и крепежных крупных объектов (турбины в гидроагрегатах и т.п.).

Для надёжности хочется делать резьбу покрупнее, но неоправданное увеличение снижает потребительские свойства и конкурентоспособность. Попасть в «золотую середину» можно, если знать, какие размеры резьбы и допуски на их исполнение «как раз!», и как не дорого такую резьбу производить.

В данной статье определяется, какие размеры и как влияют на качество работы резьбы, а также как подобрать оптимальную технологию.

Важный параметр – «средний диаметр» (СД) метрической резьбы. По действующим в РФ ГОСТ «средний диаметр» – это «диаметр воображаемого соосного с резьбой цилиндра, образующая которого пересекает профиль резьбы в точке, где ширина канавки равна половине номинального шага резьбы».

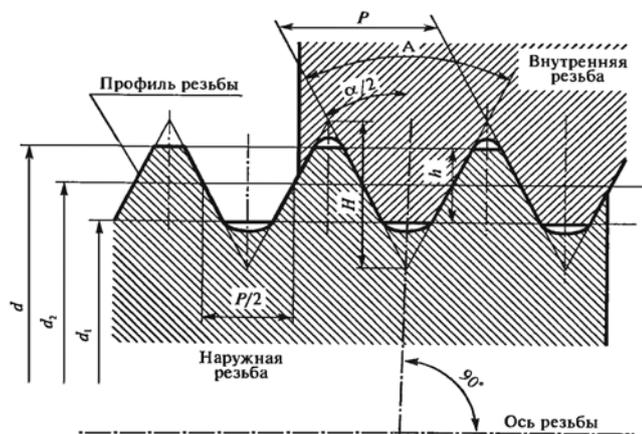


Рис. 1. Номинальный профиль цилиндрической метрической резьбы.  $d_2$  – средний диаметр

Это определение «среднего диаметра», устраивающее промышленность в 20-м веке, при продвижении новых технологий, повышающих требования по точности и быстродействию механизмов, стало некорректным:

а) в определении ГОСТ СД резьбы введена «ось резьбы». Это теоретическое понятие, но для реального построения оси соосного цилиндра нет достаточных оснований, а это важно для получения точных значений;

б) реальный профиль резьбы - не прямолинеен, на разных витках и в разных сечениях «точки, где ширина канавки равна половине шага», на разном расстоянии от оси;

в) на величину СД влияют непостоянные углы профиля и шага. и др.



Таким образом, реальное определение СД тесно связано с другими геометрическими параметрами резьбы, что не отражается в определении СД резьбы.

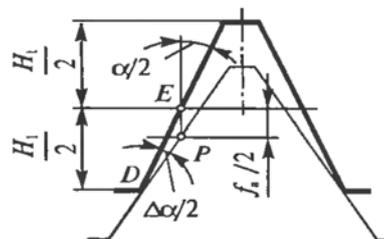


Рис. 2. Угловая погрешность  $\Delta\alpha/2$  и её компенсация на среднем диаметре



Рис. 3. Погрешность шага  $\Delta P/2$  и её компенсация на среднем диаметре

Эти некорректности не принципиальны, пока погрешность исполнения СД в 10–25 % от величины шага резьбы для вас незначительна. Но это недопустимо при изготовлении резьбовых калибров и тем более контркалибров. А также резьб, используемых в изделиях с новыми технологиями и при массовом производстве транспортных, оборонных и других ответственных изделий.

При использовании этого параметра естественно было бы опираться на логику – если СД резьбовой пробки меньше, чем СД резьбового кольца, то они вкручиваются друг в друга. Чем меньше разница между ними, тем соединение более прочное, при лёгком скручивании и малом износе.

Принятый метод измерения среднего диаметра «по 3-м проволочкам» не даёт точного значения диаметра цилиндра (заметим – объёмной фигуры) по скалярным показателям, геометрически не связанным друг с другом. Этот способ определения СД наружной и внутренней резьбы не гарантирует скручивание при минимальных зазорах.

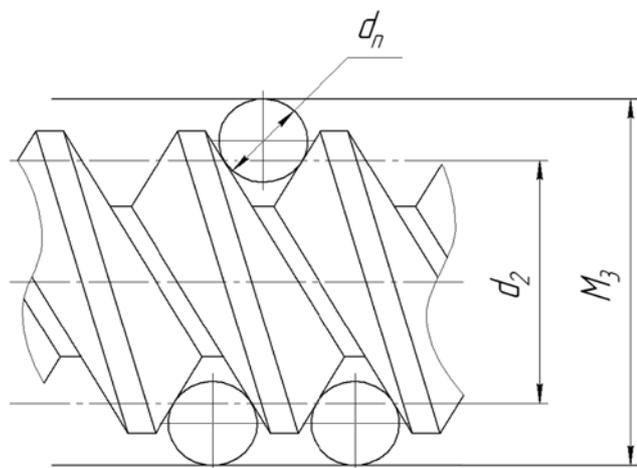


Рис. 4. Схема измерения среднего диаметра по 3-м проволочкам

Метод 3-х проволочек только говорит: в случайно выбранном месте есть такой размер, или в случайных местах есть такие размеры. И даже если все полученные размеры уложились в допустимые, мы не получаем ответы: о свинчиваемости резьбы, допустимые ли зазоры в разных местах, т. к. мы не видим степень овальности, продольной кривизны, непостоянство шага и других погрешностях, влияющих на качество резьбы.

Проблемное и другое, определение СД резьбового кольца (внутренней резьбы), как правило, происходит путём свинчивания с контркалибром («контроль по шарикам» сложен и часто не имеет прецизионную точность).

Если процесс свинчивания произошел, и произошел с некоторым натягом, «как бы беззасторно», мы приписываем СД пробки кольцу. Но это значит, что вращаясь и продвигаясь, кольцо и пробка соприкасались всевозможными вариантами выступающих мест и на пробке и на кольце, следовательно, СД пробки заведомо меньше СД кольца. Но какие зазоры в разных сечениях не известно. Не учтённые параметры: непрямолинейность резьбы, разница шагов в разных местах, разница углов, овальность, конусообразность, шероховатость и др., увеличивают отличие СД пробки, определённого по проволочкам, от СД по определению ГОСТа и СД кольца. Погрешность СД, полученная таким образом, может стать неприемлемой.

Идеальная желаемая резьба получается, если заданный профиль по всему резьбовому изделию полностью заполнен материалом. Т.е. Ось резьбы прямая, все шаги, углы и радиусы точны в реальном исполнении. Для получения таких резьб максимального качества нужна информация по всем элементам с полной взаимосвязью. Эта информация позволит корректировать технологию производства в нужных направлениях.

Предлагаемый метод определения СД состоит в следу-

ющем. СД должен определяться по полной информации с реально контролируемой поверхности резьбы. (После налаженной технологии производства резьбы объём контроля резко сокращается до необходимого для поддержания технологии). В облако точек, снятых с реальной резьбы по всей длине (с помощью координатно-измерительной машины) вписывается матмодель по определению типа резьбы и, проводя оптимизацию по каждому параметру, мы получаем их, учитывая изделие в целом, т.е. как бы свинчивая её с идеальным калибром.

Для более простого понимания вышеописанного приведу пример просто стержня и отверстия. Если при замерах, выполненных по методу «среднеквадратичного», их диаметры одинаковы, то вставить стержень в отверстие невозможно. Неидеальность того и другого даёт отклонения от цилиндричности на стержне в плюс, а в кольце в минус. Эти отклонения не позволят вставить стержень. В современных технологиях решается это так. Диаметр стержня определяется по расчёту минимально описанного цилиндра в облаке замеренных точек, а диаметр отверстия — по максимально вписанному. В этом случае стержень и отверстие могут скользить друг по другу с минимальными зазорами. Подобная методология используется в производствах с высокой технологией.

Маттаппарат для описания формы резьбы с учётом всевозможных отклонений достаточно сложен, и решения в этой области требуют опыта и времени. (Освоившие высокие технологии не торопятся передавать опыт подобных решений.)

При моделировании поверхности используется понятие базовых, прилегающих и реальных поверхностей. Есть четкое определение таких поверхностей для плоскостей, цилиндров и полных сфер. (Например, ГОСТ 24642-81). Но уже для сектора (части сферической поверхности) при различных конструктивных подходах величины параметров имеют различные значения. Матмодель резьбовой поверхности более сложна, имеет свои нюансы, которые следует учесть для построения полнокровной модели.

Со временем в России, как и в высокотехнологичных странах, придут к методам измерения резьбы, когда при плотно свинчивающихся пробке и кольце их СД совпадают, и показатели отклонения от идеальной поверхности резьбы видны реально и они разделены по параметрам. Это позволяет совершенствовать технологию производства резьбы до оптимальной величины как по качеству, так и по себестоимости.

Уже сегодня в России в научных работах о резьбе есть понятие «приведённый средний диаметр резьбы», который должен учесть влияние различных факторов на определение СД, свинчиваемости и надёжности резьбы.

Таким образом, технология производства получает информацию для реального совершенствования.

Сбор точек с резьбы и вписывание матмоделей процесс сложный вначале. Но он оправдан, он позволяет видеть все в геометрии и не попасть в тупик. Чрезмерные требования к технологии производства резьбы могут сделать её трудоёмкой. Но это не относится к процессу измерения. Чем лучше мы видим последствия технологических, тем легче увидеть выигрышный способ получения нужной резьбы.

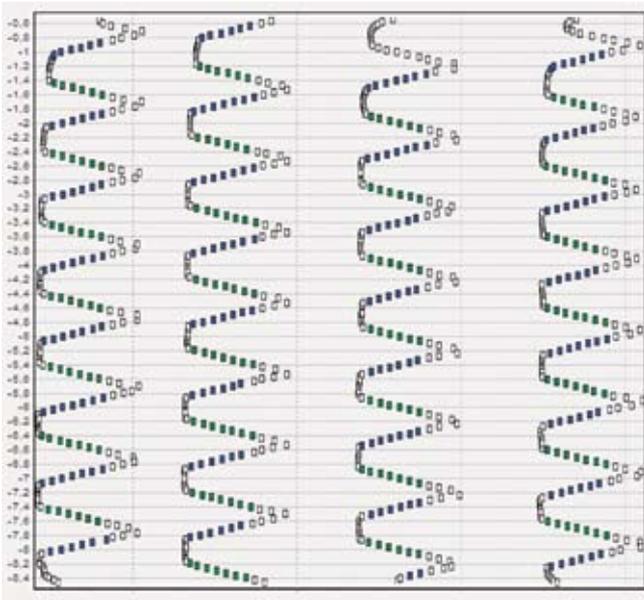


Рис. 5. Собранные точки в 4-х сечениях на протяжении всего рабочего участка резьбы. Цветным выделены точки, которые участвуют в расчёте, остальные отфильтрованы специальным алгоритмом

С появлением 6-ти осевых координатно-измерительных машин (КИМ) производительность измерений и их качество заметно улучшились, стала возможной реализация поэлементного контроля внутренних резьб по всем интересующим Производителя параметрам, указанным выше. Иными словами, технологи, базируясь на данных, полученных с помощью КИМ, получают возможность управлять точностью изготовления внутренних и наружных резьб.

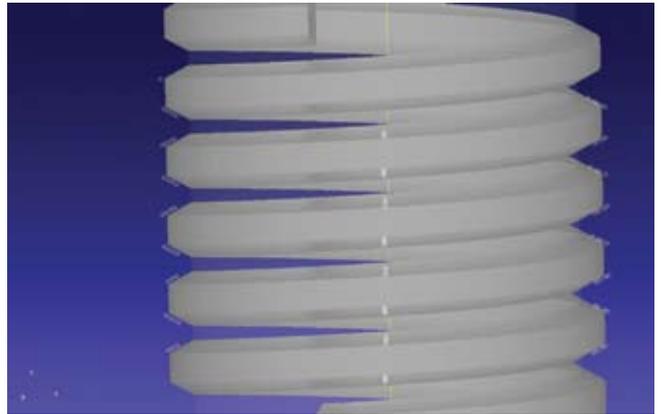


Рис. 6. 3D-модель резьбы с собранными точками

ООО «Лапик» (г. Саратов) ведёт исследовательские и опытно-конструкторские работы, направленные на решение задачи контроля параметров резьб.

К настоящему времени разработаны программное обеспечение (ПО) и инструмент для контроля наружных метрических резьб с шагом от 0,1 мм и внутренних метрических с диаметрами от М3. Разработка ПО достаточно трудоёмкая работа, но и изготовление инструмента для «ощупывания» внутренней резьбы М3, его калибровка и дальнейшая отработка ПО с помощью этого инструмента, заняли львиную долю времени и средств при создании технологии контроля резьбы.

Этот метод достаточно универсальный. Он продуктивен при создании технологий для практически всех видов резьбы, как наружной, так и внутренней: метрической, трапецидальной, упорной, прямоугольной, трубной, круглой, конической и т.д.

А. Г. Лантес

# TREVISAN MACCHINE UTENSILI SpA

## ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ ОБРАБАТЫВАЮЩИЕ ЦЕНТРЫ С СИСТЕМОЙ СМЕННЫХ ПАЛЛЕТ

**DS 900/300C**  
Макс. диаметр обработки 1500 мм

**DS 300/70C**  
Макс. диаметр обработки 350 мм

**DS 600/200C**  
Макс. диаметр обработки 900 мм

Совмещение расточного шпинделя и план-суппорта с управляемой ЧПУ осью U

**ООО «Тревизан»**  
190020, Россия, Санкт-Петербург  
наб. Обводного канала, д. 138, (БК "Треугольник")  
корп. 1, лит. А, оф. 440  
Тел.: (812) 4959 222, факс: (812) 4959 223  
e-mail: trevisan.office@gmail.com  
www.trevimac.com