Лекция 12

## 5.4. Основы допусков на резьбы

### *5.4.1. Влияние погрешностей в шаге резьбы на свинчивание резьбы.*

*Отклонением шага резьбы* $\Delta P$ называется разность между действительным и номинальным расстояниями в осевом направлении между двумя точками любых одноименных боковых сторон профиля (расположенных на линии пересечения боковых поверхностей профиля резьбы с цилиндром среднего диаметра) в пределах длины свинчивания или заданной длины.

$$\Delta P = P_д - P,$$

где $\Delta P$ – отклонение шага резьбы на длине свинчивания; $P_д$ – действительное значение шага резьбы на длине свинчивания; $P$ – номинальное значение шага резьбы на длине свинчивания.

Отклонение шага складывается из прогрессивных погрешностей шага, возрастающих пропорционально количеству витков резьбы на длине свинчивания, изменяющихся по периодическому закону, и местных, не зависящих от количества витков резьбы на длине свинчивания. Местные погрешности шага являются следствием местного износа резьбы ходовых винтов металлорежущих станков, погрешностей шага многопрофильных резьбообразующих инструментов, неоднородности материала заготовки и т.д.

Прогрессивные погрешности возникают в кинематических цепях резьбонарезания как результат неточности изготовления и износа звеньев этих цепей, температурных и силовых деформаций динамической системы станок – резьбонарезной инструмент – нарезаемая деталь, ошибок при установке заготовки и инструмента и т.д. Соотношение этих составляющих отклонения шага резьбы зависит от технологии изготовления резьбы, точности оборудования, инструмента и т.д. *Обычно прогрессивные погрешности превышают местные.*

Как следует из рис. 5.3, при одинаковых средних диаметрах наружной и внутренней резьбы и наличии погрешности шага происходит наложение профилей нарезаемых наружной и внутренней резьбы.

Для достижения свинчивания в этом случае надо, например, уменьшить средний диаметр наружной резьбы с целью компенсации погрешности в шаге наружной резьбы на величину $f_p$.

При уменьшении среднего диаметра наружной резьбы (с целью обеспечения свинчивания) на величину $f_p$, называемую *диаметральной компенсацией погрешности шага резьбы*, профиль его сместится в верхней части резьбы на величину $f_p/2$ и вправо на величину $\Delta P/2$. Опуская геометрические вычисления, получаем: $f_p = \Delta P \cdot \mathrm{ctg}\alpha/2$.

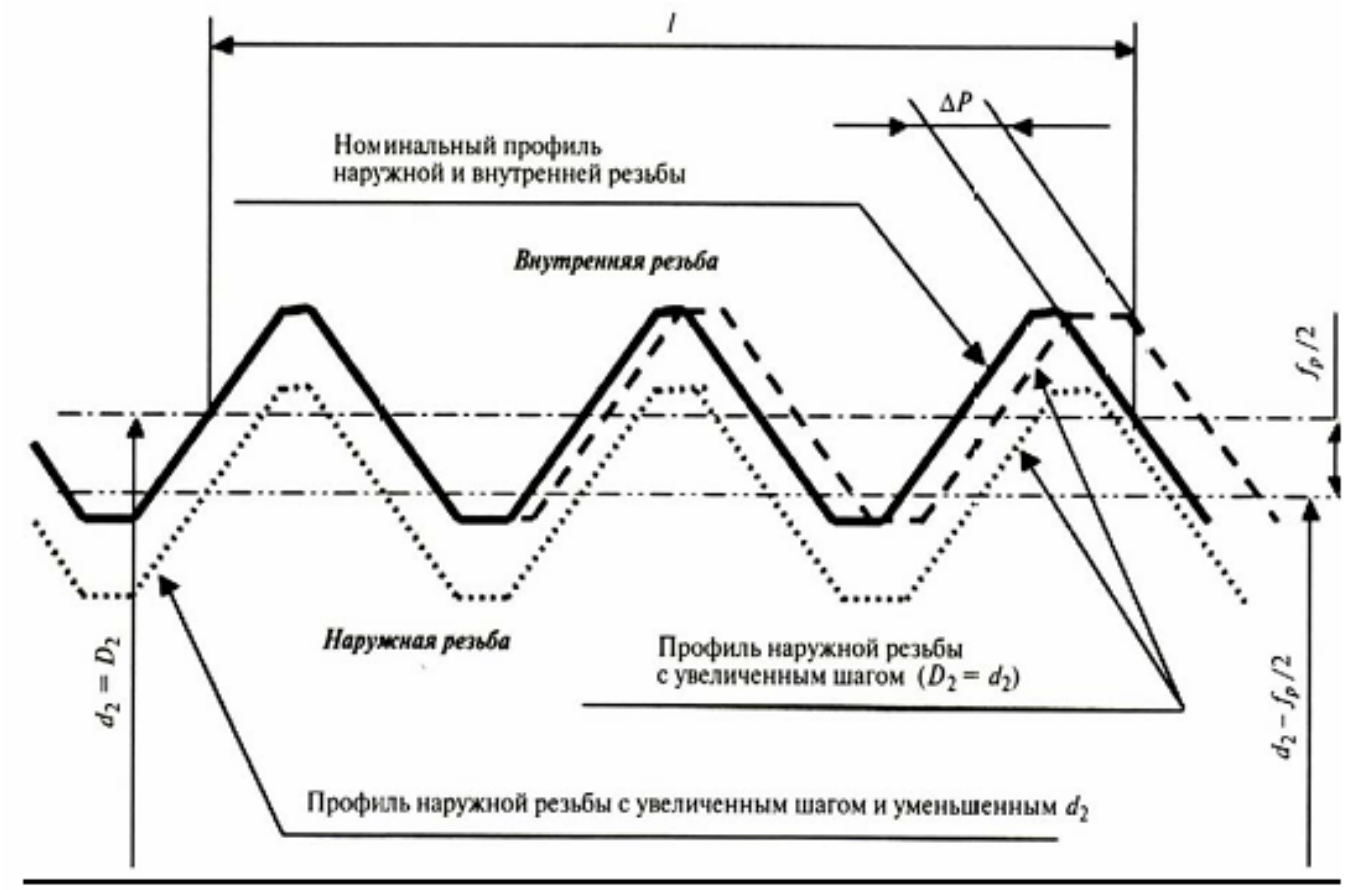



*Рис. 5.3. Отклонение шага резьбы $\Delta P$ и его диаметральная компенсация $f_p$.*

Для метрической резьбы: $f_p = 1{,}732 \cdot \Delta P$ ($f_p$ и $\Delta P$ – в микрометрах).

Следовательно, для компенсации ошибок в шаге нарезаемой резьбы с целью достижения свинчиваемости необходимо уменьшать средний диаметр наружной резьбы (или увеличивать средний диаметр внутренней резьбы).

Отсюда следуют два важных практических вывода:

1) наружную резьбу нужно нарезать, последовательно уменьшая средний диаметр до достижения свинчиваемости с калибровой гайкой. Факт свинчивания свидетельствует о том, что имеющиеся погрешности в шаге наружной резьбы компенсированы соответствующим уменьшением среднего диаметра;

2) нет надобности контролировать погрешность шага нарезаемой резьбы, что составляет значительные трудности в условиях производства, а необходимо лишь контролировать величину среднего диаметра, что трудностей не составляет.

### *5.4.2. Влияние погрешностей угла профиля на свинчивание резьбы*

Для обеспечения свинчиваемости резьбы важно выдержать не только размер угла профиля ($\alpha$ = 60°), но и размер *половины угла профиля* ($\alpha/2$) – угол между боковой стороной и перпендикуляром, опущенным из вершины исходного профиля резьбы на ось резьбы. Измеряя величину $\alpha/2$, можно установить не только величину угла $\alpha$, но и перекос резьбы, происходящий от неточной установки инструмента или изделия, чего нельзя сделать по углу $\alpha$.

*Отклонением половины угла профиля резьбы* $\Delta\alpha/2$ называется разность между действительным и номинальным значениями половины угла профиля резьбы: $\Delta\frac{\alpha}{2}=\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{Д}-\frac{\alpha}{2}$, где $\Delta\frac{\alpha}{2}$ – отклонение половины угла профиля резьбы; $\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{Д}$ – действительное значение половины угла профиля резьбы; $\frac{\alpha}{2}$ – номинальное значение половины угла профиля резьбы (рис. 5.4).

Эта погрешность может быть вызвана погрешностью полного угла профиля (при равенстве половин углов), перекосом профиля относительно оси детали и сочетанием обоих факторов.

Погрешность половины угла профиля может являться следствием погрешностей профиля резьбообразующего инструмента, неточности установки инструмента и детали.

Как следует из рис. 5.4, при одинаковых средних диаметрах внутренней и наружной резьбы и наличии погрешности угла профиля резьбы происходит наложение профилей внутренней и наружной резьбы.

В общем случае погрешность половины угла профиля:

$$\Delta\alpha/2=\frac{|\Delta\alpha/2пр.|+|\Delta\alpha/2лев.|}{2},\ (\text{минут}).$$

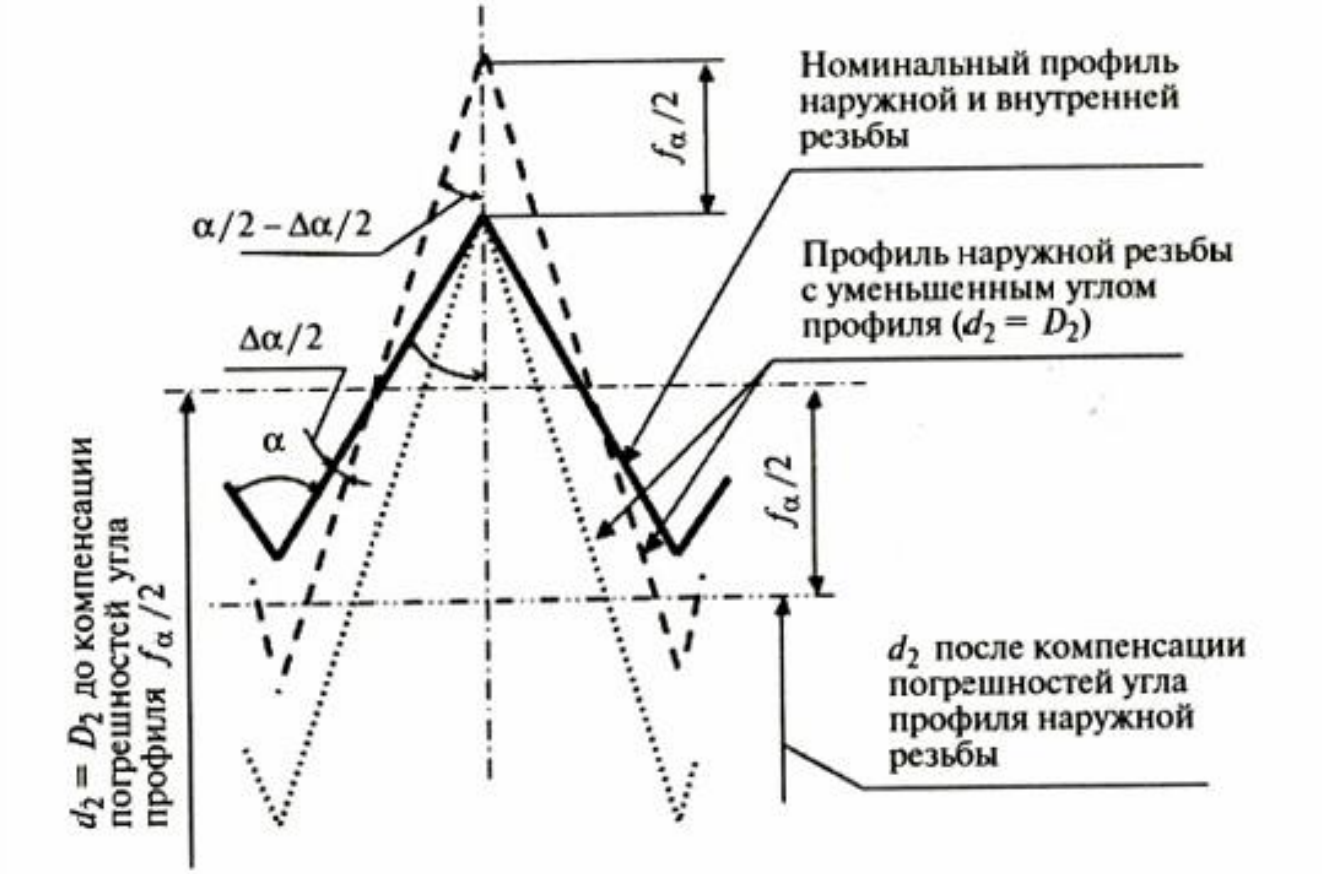



*Рис. 5.4. Отклонение половины угла профиля $\Delta\alpha/2$ и его диаметральная компенсация $f_\alpha$.*

При равенстве средних диаметров наружной и внутренней резьбы детали не будут свинчиваться вследствие перекрытия профилей резьбы. Свинчивание деталей возможно только в случае, если есть необходимый зазор между средними диаметрами наружной и внутренней резьбы, т.е. в случае диаметральной компенсации ($f_\alpha$) погрешности угла профиля за счет, например, уменьшения среднего диаметра наружной резьбы. Из геометрических соображений получаем для метрической резьбы: $f_\alpha = 0{,}36 \cdot P \cdot \Delta\alpha/2$, $f_\alpha$ – в микрометрах; P – в миллиметрах; $\Delta\alpha/2$ – в минутах.

Свинчиваемость пары резьбового соединения будет обеспечена только в том случае, если разность действительных средних диаметров наружной и внутренней резьб будет не меньше сумм диаметральных компенсаций шага и половины угла профиля обоих деталей.

### 5.4.3. Суммарный допуск среднего диаметра резьбы

Установление взаимосвязи между отклонениями (погрешностями) шага и угла профиля резьбы со средним диаметром является важнейшим условием в системе допусков резьбовых соединений. Допуски шага и угла профиля в этой связи нормировать в отдельности для посадок с зазором крепёжных метрических резьб нет необходимости.

В общем случае устанавливают суммарный допуск на средний диаметр, включающий в себя допустимую погрешность изготовления собственно среднего диаметра ($\Delta d_2$; $\Delta D_2$) и диаметральные компенсации шага ($f_p$) и угла профиля ($f_\alpha$) резьбы:

- ✓ для болта $Td_2 = \Delta d_2 + f_p + f_\alpha$;
- ✓ для гайки $TD_2 = \Delta D_2 + f_p + f_\alpha$.

Распределение отдельных составляющих внутри суммарного допуска при изготовлении резьбы может колебаться в широком диапазоне и ничем не ограничивается.

### 5.4.4. Приведённый средний диаметр резьбы

Понятие приведённого среднего диаметра резьбы введено для упрощения контроля резьб и расчёта допусков среднего диаметра.

*Приведенным средним диаметром резьбы называется средний диаметр резьбы, увеличенный у наружной резьбы и уменьшенный у внутренней резьбы на суммарную диаметральную компенсацию шага ($f_p$) и угла профиля ($f_\alpha$) резьбы.*

Для наружной резьбы: $d_{2\,пр.} = d_{2\,изм.} + (f_p + f_\alpha)$.

Для внутренней резьбы: $D_{2\,пр.} = D_{2\,изм.} - (f_p + f_\alpha)$.

$$D_{2\,пр.} \geqslant d_{2\,пр.}$$

Резьбовые соединения, имеющие одинаковый приведённый средний диаметр, равноценны в обеспечении свинчиваемости, но прочнее из них то, в котором погрешности шага и угла профиля меньше.