



Рис. 42. Последовательность затяжки крепежных деталей

(шпильковерты). Постановку шпилек проверяют на перпендикулярность положения их оси к плоскости разреза при помощи угольника, а также на величину момента затяжки (проверяют динамометрическим ключом).

Резьбовые шпильки не следует располагать близко к точным отверстиям и плоскостям, так как при их затяжке происходит выпучивание стенок детали и возникают погрешности формы точных поверхностей (например, зеркала цилиндров двигателя).

Затяжку крепежных деталей в групповом соединении осуществляют постепенно. На рис. 42 цифрами показана рекомендуемая последовательность предварительной и окончательной затяжки крепежа для устранения деформации сопрягаемых деталей.

Требуемая затяжка ответственных резьбовых соединений обеспечивается: ограничением крутящего момента; поворотом гайки на определенный, заранее установленный угол; затяжкой с замером удлинения стержня шпильки или болта.

Для ограничения крутящего момента при ручной затяжке применяют предельные и динамометрические ключи. При использовании механизированных инструментов (электрических или пневматических гайковертов) заданный момент затяжки обеспечивают муфтами тарирования, реле тока, самоостановкой (с торможением) двигателя в конце затяжки и другими способами. В особых случаях эта затяжка дополняется затяжкой динамометрическими ключами. Данные методы затяжки не гарантируют точность выдерживания осевой силы затяжки, так как даже при постоянном моменте на осевую силу влияют постоянство коэффициента трения в резьбе и на торце, не-

точность изготовления резьбы и опорных торцов и другие факторы.

Более точно величину предварительной затяжки обеспечивают дополнительным поворотом гайки на определенный угол. Гайку вначале затягивают обычным ключом, чтобы создать плотность в стыках. Затем ее ослабляют и вновь заворачивают до соприкосновения торца с опорной плоскостью. После этого гайку с помощью накладного градуированного диска поворачивают на определенный угол φ . Его величину в зависимости от требуемой силы затяжки определяют по формуле

$$\varphi^\circ = 360 \frac{P_{\text{зат}} l}{P} \left(\frac{1}{E_6 F_6} + \frac{1}{E_d F_d} \right),$$

где l — длина болта или шпильки между опорными плоскостями; P — шаг резьбы; E_6 , E_d — модули упругости материала болта и скрепляемых деталей; F_6 , F_d — площади поперечных сечений болта и скрепляемых деталей; $P_{\text{зат}}$ — сила затяжки.

Под величиной F_d понимают ту часть площади поперечного сечения деталей, которая участвует в деформации от затяжки болта. Обычно полагают, что деформация от гайки и головки болта распространяется в глубь деталей по конусам с углом 30° . Приравняв объем этих конусов к объему цилиндра, находят

$$F_d = \frac{\pi}{4} (D_1^2 - d_{\text{отв}}^2),$$

где $D_1 = D + \frac{h_1 + h_2}{4}$ [здесь D — диаметр опорной поверхности гайки (болта)]; $d_{\text{отв}}$ — диаметр отверстия под болт; h_1 и h_2 — толщины соединяемых деталей.

Наиболее точно силу затяжки определяют по измеренному удлинению болта λ по формуле

$$P_{\text{зат}} = \frac{\lambda E_6 F_6}{l}.$$

Величину λ измеряют специальным микрометром. Данный метод применяют при сборке ответственных резьбовых соединений (турбостроение, двигателестроение, тяжелое машиностроение). При большом диаметре болтов и резьбовых шпилек (более 50 мм) затяжку часто производят после предварительного нагрева их стержня до определенной температуры пропуская через сквозное осевое отверстие струи нагретого воздуха или пара. После остывания в стержне болта возникает необходимая сила затяжки $P_{\text{зат}}$. Температура нагрева