

Остаточные напряжения, возникающие на выполняемой операции (А) и перенесенные с предыдущей (В), %

Материал детали (марка стали)	$\sigma_{\text{шев}} = f(\sigma_{\text{фр}})$		$\sigma_{\text{ХТО}} = f(\sigma_{\text{шев}})$		$\sigma_{\text{зубохон.}} = f(\sigma_{\text{ХТО}})$	
	А	В	А	В	А	В
40Х	23,0	77,0	—	—	—	—
25ХГТ	36,0	64,0	44,0	56,0	33,0	67,0
20ХНЗА	28,0	72,0	51,1	48,9	42,1	57,9

2. Доказано наличие тесной корреляционной зависимости между значениями остаточных напряжений на исследованных операциях и, следовательно, возможности управления уровнем этих напряжений на поверхностях зубьев окончательно изготовленных деталей за счет выбора их рациональных значений на предшествующих операциях.

3. Результаты работы могут быть использованы для повышения эксплуатационных характеристик цилиндрических зубчатых колес.

УДК 621.882:53.08

В.И.ШАГУН, канд. техн. наук,
Л.Т.КУДРЯВЦЕВА (БПИ)

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ СПОСОБ КОНТРОЛЯ ОТКЛОНЕНИЙ ШАГА ВНУТРЕННИХ РЕЗЬБ

Анализ условий формообразования профиля резьбы позволяет по результатам контроля собственно среднего диаметра d_2 резьбы на каждом витке вычислить уширение ΔV_i впадин резьбы и по ним оценить отклонения шагов, вызываемых основными причинами, а именно, воздействием осевых и радиальных сил.

В случае наиболее распространенного способа нарезания резьбы методом самозатягивания под действием осевых сил P_0 (рис. 1) метчик боковыми режущими кромками прижимается к правым (опорным) сторонам только что сформированных витков резьбы. Если удельные значения осевых сил, т.е. сил, приходящихся на единицу длины опорных кромок метчика, превысят предел прочности обрабатываемого металла, то эти кромки метчика внедряются в тело опорных сторон резьбы и снимают с них дополнительную стружку. Впадина нарезаемой резьбы уширяется, средний диаметр увеличивается. По мере продвижения метчика в отверстие суммарная длина опорных кромок метчика увеличивается, удельные значения осевых сил падают и подрезание опорных сторон резьбы уменьшается от витка к витку. На неопорных (левых) сторонах резьбы остаются следы работы главных режущих кромок мет-

чика в виде ступенек. В результате уширение впадин от первого витка к последнему уменьшается: $\Delta B_1 > \Delta B_2 > \dots > \Delta B_n$ (см. рис. 1). Отмеченное явление подрезания опорных сторон резьбы в той или иной мере имеет место при нарезании резьбы самозатягиванием.

Шаг по правым, подрезаемым, сторонам резьбы равен шагу резьбы метчика по опорным боковым кромкам, а по левым — меньше номинального значения p . Отклонение шага Δp по левым сторонам резьбы можно определить по рис. 1:

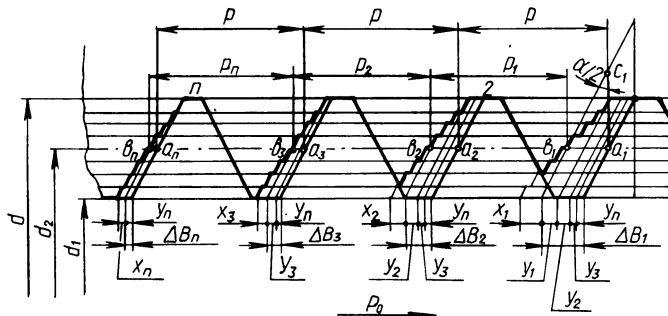


Рис. 1. Схема профиля резьбы, образованного под действием осевых сил: жирная линия — действительный профиль; полужирная — номинальный профиль; 1, 2, ..., n — номера витков резьбы в последовательности их образования; n — виток с наименьшим значением d_2 ; p — номинальный шаг резьбы; p_1, p_2, \dots, p_n — действительный шаг резьбы по левой стороне профиля; d, d_2, d_1 — номинальные значения наружного, среднего и внутреннего диаметров резьбы соответственно; $x_2 = y_1$; $x_3 = y_2$; ...; $x_n = y_{n-1}$

$$\Delta p_1 = p_1 - p; \Delta p_2 = p_2 - p; \dots; \Delta p_n = p_n - p;$$

$$p_1 = b_1 b_2 = b_1 a_2 + a_2 b_2;$$

$$p_2 = b_2 b_3 = b_2 a_3 + a_3 b_3;$$

.....

$$p_n = a_n b_{n+1} = b_n a_{n+1} + a_{n+1} b_{n+1};$$

$$p = a_1 a_2 = a_2 a_3 = \dots a_n a_{n+1} = b_1 a_2 + a_1 b_1 = b_2 a_3 + a_2 b_2 = \dots = b_n a_{n+1} + a_n b_n.$$

Тогда

$$\Delta p_1 = b_1 a_2 + a_2 b_2 - b_1 a_2 - a_1 b_1 = a_2 b_2 - a_1 b_1 = \Delta B_2 - \Delta B_1;$$

$$\Delta p_2 = b_2 a_3 + a_3 b_3 - b_2 a_3 - a_2 b_2 = a_3 b_3 - a_2 b_2 = \Delta B_3 - \Delta B_2;$$

.....

$$\Delta p_n = b_n a_{n+1} + a_{n+1} b_{n+1} - b_n a_{n+1} - a_n b_n = a_{n+1} b_{n+1} - a_n b_n = \Delta B_{n+1} - \Delta B_n.$$

Уширение впадины $\Delta B_1 = a_1 b_1 = a_1 c_1 \operatorname{tg} \alpha/2$, где $a_1 c_1 = \Delta d_2$ — увеличение среднего диаметра резьбы по сравнению с номинальным значением, т.е. рав-

но разбиванию среднего диаметра резьбы на первом витке; $\alpha/2$ — половина угла профиля резьбы.

Аналогично

$$\Delta B_2 = \Delta d_{2_2} \operatorname{tg} \alpha/2; \dots; \Delta B_n = \Delta d_{2_n} \operatorname{tg} \alpha/2.$$

Окончательно отклонение шага резьбы на i -м витке

$$\Delta p_i = (\Delta d_{2_{i+1}} - \Delta d_{2_i}) \operatorname{tg} \alpha/2. \quad (1)$$

При этом номером n обозначен виток резьбы с наименьшим разбиванием среднего диаметра. Отклонения шагов отсчитываются от него вправо и влево.

Рассмотренная методика расчета отклонений шага основана на предположении разбивания размеров резьбы только под действием осевых сил. Однако в случае нарезания резьбы методом самозатягивания осевые силы всегда поджимают метчик к опорным сторонам резьбы, даже при отсутствии подрезания от их воздействия. Если дополнительно учесть радиальные колебания метчика от радиальных сил, то принципиальная картина формирования профиля резьбы не изменится. Шаг по опорным сторонам резьбы будет равен шагу резьбы метчика по одноименным кромкам, а шаг резьбы по противоположным сторонам определится формулой (1). Поэтому независимо от степени влияния на размеры резьбы осевых и радиальных сил ее шаг по опорным сторонам равен шагу резьбы метчика по сопряженным кромкам, а по противоположным сторонам, используя формулу (1), его можно рассчитать по результатам измерения собственно среднего диаметра на всех витках резьбы в одном осевом сечении.

В случае нарезания резьбы с принудительной осевой подачей метчика, строго равной шагу резьбы за один оборот (нарезание по резьбовому копиру с жестким в осевом направлении креплением метчика), разбивание резьбы происходит в основном из-за радиальных колебаний метчика под действием радиальных сил. Обе стороны профиля резьбы подрезаются симметрично. Шаг по вершине впадин резьбы практически номинальный, обеспечиваемый копиром, но по средней линии номинального профиля — разный по обеим сторонам. Построив соответствующую схему разбивания резьбы, нетрудно убедиться в том, что по правым сторонам профиля впадин резьбы шаг больше номинального, а по левым — меньше на величину

$$\Delta p_i = 0,5 (\Delta d_{2_{i+1}} - \Delta d_{2_i}) \operatorname{tg} \alpha/2. \quad (2)$$

Таким образом, по результатам измерения собственно среднего диаметра резьбы легко вычислить отклонения шага по формуле (1) для случая нарезания резьбы методом самозатягивания, а по формуле (2) при нарезании по "жесткому" резьбовому копиру. Накопленная ошибка шага резьбы равна алгебраической сумме отклонений шагов по виткам резьбы на интересующей нас длине:

$$\Delta p_{\text{нак}} = \sum_{i=1}^{i=k} \Delta p_i,$$

где l, k — номера витков резьбы, между которыми определяются накопленная ошибка шага резьбы.