

РАСЧЕТ СВАРНЫХ МАНОМЕТРИЧЕСКИХ ПРУЖИН

В. Г. АФОНИН, М. П. ШУМСКИЙ

(Представлена научно-техническим семинаром кафедры
гироскопических приборов и устройств)

В работе [1] дается описание конструкций и результаты испытаний манометрических пружин, изготовленных сваркой из двух профилированных полос.

Применение сварки позволяет реализовать многообразные формы и типоразмеры упругих чувствительных элементов, в том числе с переменной толщиной стенки. Появляется возможность применения материалов с высокими упругими свойствами, которые не могут быть использованы для изготовления пружин из цельнотянутых трубок. В работе [2] отмечено, что широкое внедрение в производство сварных манометрических пружин, которые могли бы обеспечить значительное улучшение метрологических характеристик упругих чувствительных элементов и снижение стоимости их производства, в значительной мере тормозится отсутствием инженерных методов их расчета.

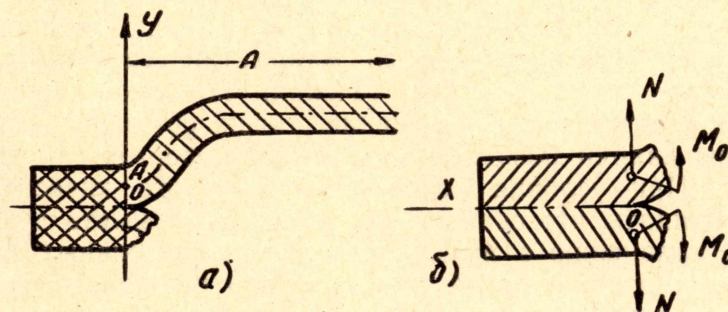


Рис. 1

Таким образом, рассмотрение вопросов расчета сварных пружин вполне своевременно. Общая теория манометрических пружин, изложенная в работах [3], [4], применима и к сварным пружинам. Некоторые особенности расчета обусловлены наличием сварных швов на концах большой оси сечения.

Возможная расчетная схема сечения сварной пружины показана на рис. 1, а. При приближенных расчетах естественно принять, что касательная к средней линии сечения в точке А не изменяет своего положения при деформации сечения, т. е. что стенка пружины жестко закреплена в сечении, лежащем на оси oy . Величина напряжений в точке О

сечения будет определяться величиной изгибающего момента в защемлении, нормальной силой, стремящейся разорвать сваренные полосы, и наличием резкого перехода в точке О внутреннего контура сечения, обуславливающего концентрацию напряжений в этой точке.

Схема сил, действующих на сварной шов, показана на рис. 1,б. Видно, что материал пружины в окрестности точки О находится в очень невыгодных условиях.

В пружинах, изготавливаемых из бесшовных трубок, существенное влияние на величину напряжений на концах большой оси сечения оказывает отношение радиуса R_1 кривизны средней линии сечения к толщине стенки H . При $R_1 \rightarrow \frac{H}{2}$ резко возрастают напряжения на внутреннем контуре сечения.

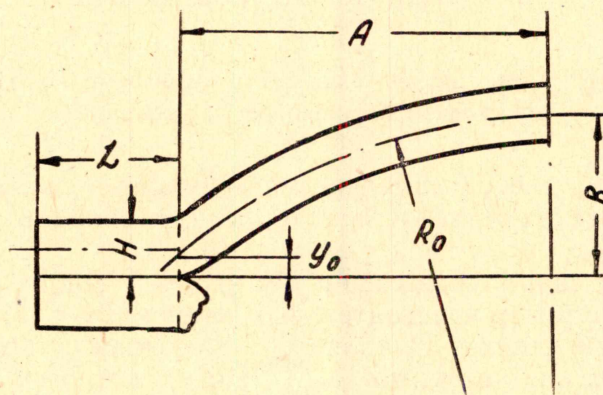


Рис. 2

В сварных пружинах средняя линия сечения в точке А (рис. 1,а) обрывается, закругление средней линии на концах большой оси отсутствует, поэтому при проектировании сварных пружин нет необходимости копировать формы сечения, принятые при изготовлении пружин из цельнотянутых трубок и обусловленные их технологическими особенностями. Из работ В. И. Феодосьева [5], Л. Е. Андреевой [6] известно, что наибольшей чувствительностью манометрическая пружина обладает при форме средней линии сечения, подобной функции $\omega(x)$, описывающей вертикальные смещения точек средней линии сечения. Использование сварки позволяет реализовать формы сечения, близкие к идеальной. При условии обеспечения высокого качества сварного шва можно ожидать, что сварные пружины будут иметь лучшие характеристики по сравнению с изготовленными из бесшовных трубок. Конкретное решение этого вопроса возможно при наличии экспериментальных данных о величине допускаемых напряжений для сварных швов, полученных в условиях нагружения, близких к тем, которые имеют место в манометрических пружинах.

Одна из возможных форм сечения сварных пружин показана на рис. 2. Для расчета таких пружин могут быть использованы формулы и графики, разработанные для пружин овального, восьмеркообразного и плоскоовального сечения. При этом должны быть сделаны следующие изменения в методике расчета:

1. Радиус закругления средней линии сечения на концах большой оси следует считать равным нулю:

$$R_1 = 0.$$

2. Радиус R_2 взять с чертежа.

3. Угол α_0 определить по формуле

$$\alpha_0 = \frac{\pi}{2} - 2 \operatorname{arctg}(b - y_0), \quad y_0 = \frac{Y_0}{A},$$

величину Y_0 определить по чертежу (рис. 2).

Если пренебречь технологическим закруглением в месте перехода от радиуса R_2 к сварному шву, то величину Y_0 можно положить равной $\frac{H}{2}$ и радиус R_2 определить по формуле

$$R_2 = \frac{1}{2} \frac{A^2 + \left(B + \frac{H}{2}\right)^2}{B - \frac{H}{2}}.$$

4. При вычислении момента инерции сечения желательно учесть момент инерции швов.

$$I_{\text{шва}} = \frac{4}{3} L H^3.$$

Для тонкостенных пружин, а также при упрощенном расчете величиной I шва можно пренебречь.

Расчет сварной пружины с формой сечения, соответствующей рис. 2, в случае, когда $y_0 \neq 0$, можно выполнить с использованием графиков коэффициентов C_i , предназначенных для расчета пружины овального, восьмеркообразного и плоскоовального сечения [4]. При отыскании значений коэффициентов C_i , соответствующих заданной величине малой полуоси B , радиус R_1 следует полагать равным нулю. В этом случае расчет будет выполнен без учета момента инерции сварного шва.

Для определения напряжений следует пользоваться упрощенной формулой

$$\sigma_{\text{экв}} = 0,89 \frac{P}{h^2} K \cdot C_2 \frac{\nu + C_3}{\nu + C}.$$

Коэффициент концентрации напряжений K , входящий в эту формулу, должен быть определен экспериментально.

ЛИТЕРАТУРА

1. И. А. Сычев. Разработка сварных манометрических пружин. «Бюллетень НИИ Теплоприбор», 1960.
2. К. Б. Арутюнов. Состояние разработки и производства упругих чувствительных элементов в приборостроении. Сб. «Перспективы развития упругих чувствительных элементов», ЦИНТИ электротехнической промышленности и приборостроения, 1961.
3. М. П. Шумский. Расчет манометрических пружин. Изв. вузов СССР, «Приборостроение», № 5, 1964.
4. М. П. Шумский, О. С. Зинкевич, Ю. П. Минченков. Единая инженерная методика расчета основных типов одновитковых манометрических пружин. Изв. ТПИ, т. 192, 1969.
5. В. И. Феодосьев. Упругие элементы точного приборостроения. Оборонгиз, М., 1949.
6. Л. Е. Андреева. Упругие элементы приборов. Машгиз, М., 1962.