

УДК 620.10

ВЛИЯНИЕ УГЛА НАКЛОНА СТЕРЖНЕЙ КОЛЬЦЕВОГО ИНСТРУМЕНТА НА УПРУГИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

Луговой В.П., Денис А.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Приведен анализ перемещений кольцевого инструмента для ультразвуковой обработки, выполненного в виде дуги окружности и двух сопрягающихся стержней. Симметричная форма позволяет получить дополнительные перемещения, вызванные упругими свойствами материала. Рассмотрена расчетная схема, ограниченного углом $\pi/2 < \gamma < \pi$. Приведенная формула для расчета показывает, что на величину упругих перемещений влияет угол наклона сходящихся стержней. Численные расчеты показали что, оптимальной схемой является форма с углом наклона в 45° . Предложенная схема изогнутого тонкого стержня симметричной формы может найти практическое применение в ультразвуковых колебательных системах для обработки отверстий малого диаметра в хрупких материалах, сварки пластмасс и пр. Предложенная форма позволит увеличить интенсивность колебаний инструмента и повысить производительность процесса и точность обработки.

Ключевые слова: упругие элементы, ультразвуковая техника, проволочные инструменты.

INFLUENCE OF TILT ANGLE OF ROD TOOL ON ELASTIC DISPLACEMENTS

Lugovoj V., Denis A.

Belarusian National Technical University
Minsk, Republic of Belarus

Abstract. An analysis of the movements of a ring tool for ultrasonic treatment, made in the form of an arc of a circle and two mating rods, is given. The symmetrical shape allows you to get additional movements caused by the elastic properties of the material. The calculation scheme limited by the angle $\pi/2 < \gamma < \pi$ is considered. The above calculation formula shows that the magnitude of elastic displacements is affected by the angle of inclination of the converging rods. Numerical calculations have shown that the optimal scheme is a shape with a slope of 45° . The proposed scheme of a curved thin rod of a symmetrical shape can find practical application in ultrasonic oscillatory systems for processing holes of small diameter in brittle materials, welding plastics, etc. The proposed shape will increase the intensity of the tool vibrations and increase the productivity of the process and the accuracy of processing.

Key words: elastic elements, ultrasonic technique, wire tools.

Адрес для переписки: Луговой В.П., пр.Независимости, 65, Минск 220113, Республика Беларусь
e-mail: lyhavuypr@mail.ru

Введение. Исследования, проведенные в области ультразвуковой техники, показали целесообразность использования упругих элементов в качестве концентраторов и рабочих инструментов для выполнения технологических задач. Так, например, известна ультразвуковая система, содержащая кольцевой концентратор для осуществления прошивания отверстий в хрупких материалах (камне, стекле, керамике). Однако опыт использования упругих элементов в ультразвуковой технологии изучен еще не в полной мере и требует дальнейших исследований в целях практического применения. Одной из возможных областей применения является сварка пластмасс. В связи с этим в настоящей работе дан анализ влияния угла геометрического параметра – наклона стержней рассматриваемой схемы кольцевых инструментов на величину перемещений.

Расчет перемещений криволинейных стержней. Рассматриваемая схема выполнена в виде симметричной стержневой системы, состоящей из двух частей: криволинейного участка в виде дуги полуокружности и двух примыкающих

к ней наклонных прямолинейных стержней, сходящихся на нижнем конце (рис. 1, а).

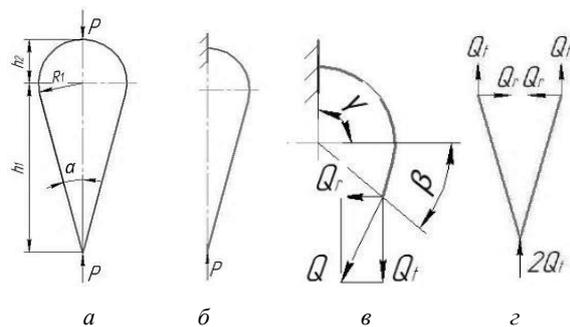


Рисунок 1 – Схемы действия сил на криволинейный стержень

Расчетную схему можно представить как одну из половин этого криволинейного стержня, закрепленного в верхней точке неподвижно (рис. 1, б). Внутреннее усилие в стержне Q , направленное вдоль оси стержня разложим на две составляющие: горизонтальную Q_r и вертикальную Q_t

(рис. 1, в). Первая вызывает изгиб стержня, а вторая – сжатие. Оставшаяся часть сходящихся ветвей, подвержена сжатию удвоенной силы Q (рис. 1, з).

В точке сопряжения радиусной кривой с прямолинейным стержнем при $\gamma > \pi/2$, перемещение будет вызвано действием горизонтальной и вертикальной составляющей силы Q [1, 2]

$$u_r = \frac{Q^3}{EI} (Q_r u_{rr} + Q_t u_{rt}),$$

и

$$u_t = \frac{Q^3}{EI} (Q_r u_{tr} + Q_t u_{tt}). \quad (1)$$

Учитывая, что силы в противоположных стержнях равны между собой и направлены друг против друга $Q'_r = Q_r$, равными окажутся и горизонтальные перемещения от действия этих сил $u'_r = u_r$.

Подставив в формулу $Q_t = \frac{1}{2} P \sin \beta$, получим

$$u_{tt} = \int_0^\gamma (1 - \cos \gamma)^2 d\gamma = \frac{1}{2} (3\gamma - 4 \sin \gamma + \sin \gamma \cos \gamma). \quad (2)$$

Таким образом, окончательно уравнение для расчета вертикального перемещения свободного конца криволинейного стержня симметричной формы имеет вид

$$u_t = \frac{R^3}{EI} Q_t u_{tt},$$

или

$$u = \frac{R^3}{2EI} Q_t (3\gamma - 4 \sin \gamma + \sin \gamma \cos \gamma). \quad (3)$$

Полученная формула (3) позволяет произвести численные расчеты перемещений свободного конца стержня криволинейного стержня для различных конструктивных исполнений.

Из рис. 3 видно, что угол $\gamma = \frac{\pi}{2} + \beta$ или

$$\gamma = \frac{\pi}{2} + 2R \sin \beta = \frac{\pi}{2} + \frac{2R}{H}. \quad (4)$$

Подставив (4) в (3), получим

$$U_{tt} = \frac{Q_t R^3}{2EI} * \left[\left(3\left(\frac{\pi}{2} + \beta\right) - 4 \sin\left(\frac{\pi}{2} + \beta\right) + \sin\left(\frac{\pi}{2} + \beta\right) \cos\left(\frac{\pi}{2} + \beta\right) \right) \right]. \quad (5)$$

Численно рассчитаем влияние угла наклона стержней на величину вертикальных перемещений

1) Если $\beta = 0$, $\gamma = \frac{\pi}{2}$ и

$$U_{tt} = \frac{Q_t R^3}{2EI} \left[\begin{array}{l} 3\left(\frac{\pi}{2}\right) - \\ - 4 \sin\left(\frac{\pi}{2}\right) + \sin\left(\frac{\pi}{2}\right) \cos\left(\frac{\pi}{2}\right) \end{array} \right] = 0,7 \frac{Q_t R^3}{2EI}.$$

2) Если $\beta = \frac{\pi}{6}$, $\gamma = \frac{2\pi}{3}$ и $U_{tt} = 7,5 \frac{Q_t R^3}{2EI}$.

3) Если $\beta = \frac{\pi}{4}$, $\gamma = \frac{5\pi}{4}$ и $U_{tt} = 10 \frac{Q_t R^3}{2EI}$.

Выводы. Теоретически показано, что использование тонких криволинейных стержней с конусообразной формой позволяет усилить перемещение свободного конца в условиях колебаний благодаря упругим свойствам изогнутой части.

Конусообразная симметричная форма криволинейного усиливает вертикальную составляющую упругих перемещений, способствуя интенсификации ультразвуковых колебаний.

Наибольшая величина вертикальных перемещений свободного конца достигается при наклоне его ветвей на угол 45° .

Литература

1. Писаренко, Г. С. Сопротивление материалов / Г. С. Писаренко, А. П. Яковлев, В. В. Матвеев. – 2-е изд. Киев: Наукова думка, 1988. 736 с.

2. Тимошенко, С. П. Сопротивление материалов. Элементарная теория и задачи / С. П. Тимошенко; пер. с англ. – М.: Наука, 1965. – Т. 1. – 364 с.

УДК 537.525

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАЗМЕННОЙ КАМЕРЫ НА РЕЖИМЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ СВЧ РАЗРЯДА

Лушакова М.С., Тихон О.И., Мадвейко С.И.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Представлены исследования влияния конструктивного исполнения, местоположения и расстояния между торцевыми поверхностями плазменной камеры на условия возбуждения самостоятельного СВЧ разряда.

Ключевые слова: СВЧ-разряд, разрядная камера, плазма.

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE PLASMA CHAMBER DESIGN CHARACTERISTICS ON THE MW DISCHARGE EXCITATION MODES

Lushakova M., Tsikhan O., Madveika S.

Belarusian state university of informatics and radioelectronics
Minsk, Republic of Belarus

Abstract. The paper presents studies of the influence of the design, location and distance between the end surfaces of the plasma chamber on the conditions for excitation of a self-sustained microwave discharge.

Key words: microwave discharge, discharge chamber, plasma.

Адрес для переписки: Лушакова М.С., ул. П. Бровки 6, Минск 220113, Республика Беларусь
e-mail: lushakova@bsuir.by