

калиброванного проката → окончательное калибрование со степенью обжатия 5% → высадка болтов. Для обеспечения возможности достижения высоких степеней деформации при последних переходах калибрования сталь подвергают «патентированию», заключающую в нагреве её до аустенитного состояния и охлаждению в расплавленной соли (этот способ длительное время охранялся патентом, отсюда часто применяемый термин «патентирование»). Данная технология изготовления калиброванного проката под холодную высадку исключает закалку готовых крепежных изделий под класс прочности 10.9.

Вариант 3. Термообработка горячекатаного проката → калибрование со степенью обжатия 20-26,5% → высадка болтов. Данная технология изготовления калиброванного проката под холодную высадку также исключает закалку готовых крепежных изделий под класс прочности 10.9. Микроструктура в горячекатаном состоянии – перлит сорбитообразный и тонкопластинчатый + феррит в виде разорванной сетки по границам перлитных зерен. Твердость 90...96 HRB.

Выводы. Пластические показатели исследованного калиброванного проката, подготовленного по технологическим схемам 1, 2 и 3, отвечают требованиям ГОСТ 10702-78. Однако метизные изделия, полученные из проката по режиму 1 должны быть подвержены закалке и отпуску, чтобы соответствовать классу прочности 10.9 согласно ГОСТ 1759.4-87. На основании экспериментальных данных по оптимизации технологических режимов обработки, с целью формирования структуры исследованных хромистых сталей, снижены энергоёмкость технологического процесса и себестоимость получения высокопрочного крепежа методом холодной высадки.

ГИДРОМОДЕЛЬ КОРПУСА ГЕНЕРАТОРА ВЭУ

Снопов А.И., Сумбатян М.А.

Южный федеральный университет,
Ростов-на-Дону, e-mail: asnop@math.rsu.ru

Корпус генератора ветроэнергетической установки (ВЭУ) имеет вид удлиненного тела вращения с уменьшающейся вниз по потоку величиной радиуса. Подвижная часть этого тела жестко скреплена с лопастями и является обтекателем, форма которого близка к сферической. «Неподвижная» часть снабжена флюгером, обеспечивающим осевое обтекание ВЭУ

$$\Psi_3 = \frac{q}{4\pi(c-b)} \left(\sqrt{r^2 + (x-c)^2} - \sqrt{r^2 + (x-b)^2} \right). \quad (8)$$

Формула (4) для функции тока в рассматриваемом случае преобразуется к виду

$$\Psi = -\frac{1}{2}V_\infty r^2 + \frac{q}{4\pi} \frac{x-a}{\sqrt{r^2 + (x-a)^2}} + \frac{q}{4\pi(c-b)} \left(\sqrt{r^2 + (x-c)^2} - \sqrt{r^2 + (x-b)^2} \right). \quad (9)$$

при любом направлении ветра. С точки зрения гидродинамики такое тело вращения можно моделировать системой, состоящей из источника и непрерывно распределенных линейных стоков, расположенных вдоль заданного однородного безграничного потока воздуха, имеющего на бесконечности скорость V_∞ . Удобно использовать цилиндрическую систему координат, ось Ox которой направлена по оси симметрии корпуса, и на ней расположить указанные особые точки потока. Необходимо при этом подобрать параметры так, чтобы нулевая поверхность тока, суммарного потока совпала с заданной формой корпуса генератора или была близка к нему.

Учитываем, что функция тока однородного потока жидкости определяется по формуле [1]

$$\Psi_1 = -\frac{1}{2}V_\infty r^2, \quad (1)$$

а функция тока источника обильности q , помещенного в точке $x = a$ оси Ox , имеет вид

$$\Psi_2 = \frac{q}{4\pi} \frac{x-a}{\sqrt{r^2 + (x-a)^2}}. \quad (2)$$

Для линейного источника, расположенного на отрезке (bc) оси Ox , справедлива формула

$$\Psi_3 = \int_b^c \frac{q_3(\xi)}{4\pi} \frac{(x-\xi)}{\sqrt{r^2 + (x-\xi)^2}} d\xi, \quad (3)$$

где $q_3(\xi)$ – плотность распределения истоков. Функция тока всего потока такова

$$\Psi = \Psi_1 + \Psi_2 + \Psi_3 + C. \quad (4)$$

Определим постоянную таким образом, чтобы лучи оси Ox $|x| \gg 0$ соответствовали нулевой линии тока. Для этого должны выполняться равенства

$$\frac{q}{4\pi} + \int_b^c \frac{q_3(\xi)}{4\pi} d\xi \pm C = 0. \quad (5)$$

Из этих равенств следует, что должны выполняться условия

$$C = 0, \quad \int_b^c q_3(\xi) d\xi = -q, \quad (6)$$

Ограничимся случаем, когда

$$q_3(\xi) = \text{const}.$$

Зачение величины q_3 находится из условия (6), что дает

$$q_3 = -\frac{q}{c-b}. \quad (7)$$

При этом функция Ψ_3 принимает вид

$$\Psi_3 = \frac{q}{4\pi(c-b)} \left(\sqrt{r^2 + (x-c)^2} - \sqrt{r^2 + (x-b)^2} \right). \quad (8)$$

Формула (4) для функции тока в рассматриваемом случае преобразуется к виду

$$\Psi = -\frac{1}{2}V_\infty r^2 + \frac{q}{4\pi} \frac{x-a}{\sqrt{r^2 + (x-a)^2}} + \frac{q}{4\pi(c-b)} \left(\sqrt{r^2 + (x-c)^2} - \sqrt{r^2 + (x-b)^2} \right). \quad (9)$$

Уравнение нулевой линии тока $\psi = 0$ дает теоретическую форму поверхности корпуса генератора

$$-\frac{1}{2}V_{\infty}r^2 + \frac{q}{4\pi} \frac{x-a}{\sqrt{r^2+(x-a)^2}} + \frac{q}{4\pi(c-b)} \left(\sqrt{r^2+(x-c)^2} - \sqrt{r^2+(x-b)^2} \right) = 0.$$

Это уравнение удобно преобразовать к такому виду

$$Ar^2 - \frac{x-a}{\sqrt{r^2+(x-a)^2}} + \frac{1}{(c-b)} \left(\sqrt{r^2+(x-c)^2} - \sqrt{r^2+(x-b)^2} \right) = 0, \quad (10)$$

где $A = 2\pi V_{\infty} / q$.

Параметр a определяет только расположение фигуры на оси Ox и выбор его значения не влияет на вид теоретической формы корпуса генератора.

Наиболее приемлемой математической моделью формы корпуса ВЭУ, хорошо описывающей реальную форму таких корпусов, можно

считать двухпараметрическую форму, определяемую при условиях

$$b = a = 0, \quad c > b. \quad (11)$$

В этом случае форма корпуса генератора определяется только двумя конструктивными параметрами A и c . Параметр c определяет длину корпуса, а параметр A – его максимальный диаметр. Функция тока при этом принимает вид

$$\psi = -\frac{1}{2}V_{\infty}r^2 + \frac{q}{4\pi} \frac{x}{\sqrt{r^2+x^2}} + \frac{q}{4\pi c} \left(\sqrt{r^2+(x-c)^2} - \sqrt{r^2+x^2} \right). \quad (12)$$

Форма поверхности корпуса определяется уравнением $\psi = 0$

$$Ar^2 - \frac{x}{\sqrt{r^2+x^2}} - \frac{1}{c} \left(\sqrt{r^2+(x-c)^2} - \sqrt{r^2+x^2} \right) = 0, \quad (13)$$

в котором содержится только два параметра: A и c .

Для потока, обтекающего тело, форма которого определяется уравнением (13), известна функция

тока (12). Поэтому имеется возможность определить поле скоростей, порожденное корпусом генератора. Компоненты скоростей потока, обтекающего корпус генератора, находятся по формулам

$$v_x = -\frac{1}{r} \frac{\partial \psi}{\partial r} = V_{\infty} + \frac{q}{4\pi} \frac{x}{\sqrt{(r^2+x^2)^3}} + \frac{q}{4\pi c} \left(\frac{1}{\sqrt{r^2+(x-c)^2}} - \frac{1}{\sqrt{r^2+x^2}} \right); \quad (14)$$

$$v_r = \frac{1}{r} \frac{\partial \psi}{\partial x} = \frac{q}{4\pi r} \left(\frac{1}{\sqrt{r^2+x^2}} - \frac{x^2}{\sqrt{(r^2+x^2)^3}} \right) + \frac{q}{4\pi cr} \left(\frac{x-c}{\sqrt{r^2+(x-c)^2}} - \frac{x}{\sqrt{r^2+x^2}} \right). \quad (15)$$

Максимальный диаметр корпуса генератора определяется как результат совместного реше-

ния уравнений $v_r = 0$ и $\psi = 0$, которые порождают следующую систему уравнений

$$\begin{cases} \frac{1}{\sqrt{r^2+x^2}} - \frac{x^2}{\sqrt{(r^2+x^2)^3}} + \frac{1}{c} \left(\frac{x-c}{\sqrt{r^2+(x-c)^2}} - \frac{x}{\sqrt{r^2+x^2}} \right) = 0 \\ Ar^2 - \frac{x}{\sqrt{r^2+x^2}} - \frac{1}{c} \left(\sqrt{r^2+(x-c)^2} - \sqrt{r^2+x^2} \right) = 0 \end{cases} \quad (16)$$

Величина конструктивного параметра лопасти A определяется в процессе математического моделирования этого корпуса по максимальному диаметру корпуса D_{\max} , который задается из конструктивных соображений. При найденном значении величины A , можно определить величину параметра q , исходя из формулы $A = 2\pi V_{\infty} / q$

$$q = 2\pi V_{\infty} / A. \quad (17)$$

По этой формуле для каждого значения скорости потока V_{∞} , набегающего на корпус гене-

ратора ВЭУ, при определенном параметре A можно найти величину параметра q , задающего мощность источника в гидродинамической модели корпуса генератора ВЭУ.

Работа выполнена при поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 гг.», ГК № П238.

Список литературы

1. Кочин Н.Е., Кибель И.Я., Розе Н.В. Теоретическая гидромеханика. – М., 1963. – Т. 1. – 586 с.