

Запропонована методика кінематично - силового аналізу адаптивного приводу конвеєра, який створений на основі застосування несиметричного диференціалу. Приведена можливість використання в якості критерію адаптації різних співвідношень силових параметрів.

**Ключові слова:** адаптивний привод, передаточне число, барабани.

The technique of kinematic - the power of analysis of adaptive conveyor drive that is based on single-ended differential. The possibility to use as a criterion for adapting different ratios of force parameters.

**Keywords:** adaptive drive, gear ratio, reels.

УДК 621.771.073.8:681.3.06

**В. С. МЕДВЕДЕВ**, д-р техн. наук, г.н.с., ГП «УкрГНТЦ «Енергосталь», Харьков;

**В. А. ШПАКОВ**, канд. техн. наук, ДонГТУ, Алчевск;

**Е. В. БАЗАРОВА**, ассистент, ДонГТУ, Алчевск

## **АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОЧАГА ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ПРОКАТКЕ ФЛАНЦЕВЫХ ПРОФИЛЕЙ. СООБЩЕНИЕ 2**

Приведена методика аналитического определения геометрических параметров очага деформации при прокатке фланцевых профилей в калибрах с открытыми и закрытыми ручьями. Путем совместного решения уравнений поверхностей вращения валков и плоских поверхностей заготовки получены общие аналитические выражения для расчета координат граничных точек очага деформации. Методика может быть использована при создании универсальной математической модели прокатки фасонных профилей.

**Ключевые слова:** фланцевый профиль, прокатка, очаг деформации, геометрические параметры

**Введение.** Для математического моделирования процесса прокатки фасонных профилей необходимо иметь аналитическое описание контура калибра и очага деформации.

Обзор различных методов аналитического описания контуров калибров и очага деформации показал, что известные методы либо разработаны для конкретных условий решения частных задач и не обладают достаточной универсальностью, либо весьма сложны для практического осуществления.

Для реализации единого методологического и системного подхода к решению задач прокатки сложных фасонных профилей методы построения и аналитического описания контуров калибров и очагов деформации должны быть максимально универсальными. Это позволит системно подойти к постановке и проведению теоретических исследований течения металла в фасонных калибрах, разработать универсальные математические модели расчета формоизменения и энергосиловых параметров прокатки, а также создать универсальное математическое обеспечение автоматизированного проектирования калибровок прокатных валков и автоматизированной подготовки производства (подготовки и обработки исходных данных для управляющих программ станков с ЧПУ для расточки валков, изготовления привалковой арматуры, шаблонов и т.д.).

Фланцевые профили формируются в фасонных калибрах с пластовыми ребровыми элементами, имеющих стенку, открытый и закрытый фланцы [1,2]. При математическом моделировании течения металла в фасонных калибрах необходимо знать форму и размеры очага деформации. Определение геометрических параметров очага деформации позволяет более точно рассчитать формоизменение металла и

© В. С. МЕДВЕДЕВ, В. А. ШПАКОВ, Е. В. БАЗАРОВА, 2013

силовые условия прокатки, спроектировать оптимальную калибровку валков, выбрать необходимое оборудование и решить другие технологические задачи. В работе [3] изложена методика аналитического определения геометрических параметров очага деформации в открытых фланцах. Настоящая статья является продолжением и заключительным этапом работы [3].

**Цель настоящей работы** – получение аналитических зависимостей для расчета границ очага деформации в закрытых фланцах и формирование целостной методики описания геометрии очага деформации при прокатке профилей сложной формы (симметричных и асимметричных двутавров, тавровых профилей и др.) в фасонных калибрах с пластовыми ребровыми элементами.

Определение границ очага деформации (рис.1-4) осуществляется путем совместного решения уравнений поверхностей исходной заготовки и прокатных валков с использованием среды MathCAD.

Поверхности исходной заготовки описываются уравнениями плоскостей, а прокатных валков – поверхностями вращения цилиндра и конуса.

Принятые допущения: наружная поверхность открытого и закрытого фланцев не имеет уклона; обжатие по наружной поверхности фланца отсутствует; обжатия по стенке со стороны верхнего и нижнего валков равны; радиусом закругления на пересечении поверхностей фланца и стенки пренебрегаем; радиусы верхнего и нижнего валков по стенке одинаковы.

Границы очага деформации определяются координатами характерных точек А, D, E и С, расположенных на поверхностях контакта металла с валками (индексы «О» и «Z» координат относятся к открытому и закрытому фланцам соответственно). Начало координат расположим в плоскости выхода профиля из валков.

Координаты характерных точек очага, полученные в работе [3]:

- на участке стенки

$$x_{EO} = \sqrt{R(H-h) - \left(\frac{H-h}{2}\right)^2} = l, \quad y_{EO} = C_0, \quad z_{EO} = \frac{h}{2}, \quad (1)$$

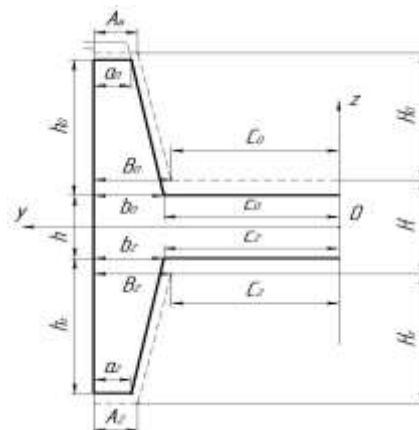


Рис. 1 – Схема совмещения заготовки и калибра

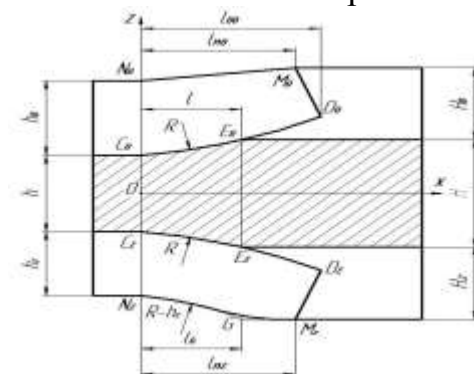


Рис. 2 – Сечение очага деформации в плоскости XOZ

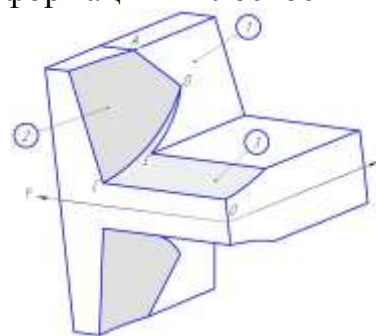


Рис. 3 – Поверхности очага деформации

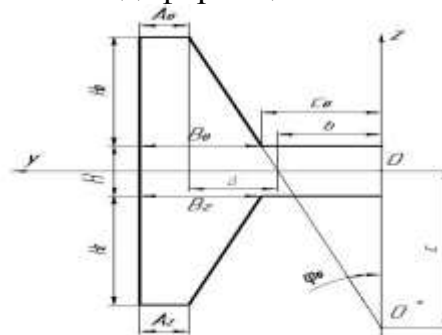


Рис. 4 – Пересечение плоскости 1 с осями координат Y и Z

$$x_{CO} = 0, \quad y_{CO} = c_0, \quad z_{CO} = \frac{h}{2}; \quad (2)$$

- на участке открытого фланца

$$x_{DO} = \frac{1}{2} \sqrt{8Rz + 4zh - h^2 - 4hR - 4z^2} = l_{DO}, \quad y_{DO} = c_0, \quad (3)$$

$$z_{DO} = \frac{2c_0 - 2C_0 - 2B_0 + 2A_0 + 2H_0 \tan(\varphi_0) + H \tan(\varphi_0)}{2 \tan(\varphi_0)}, \quad (4)$$

$$x_{AO} = \sqrt{\frac{R^2(s + c_0 - y_A)^2}{s^2} - \left(R + \frac{h}{2} - z_A\right)^2} = l_{AO}, \quad (5)$$

$$y_{AO} = C_0 + B_0 - A_0, \quad z_{AO} = H_0 + \frac{H}{2}, \quad (6)$$

$$x_{M0} = \sqrt{\frac{R^2(s + c_0 - y_{M0})^2}{s^2} - \left(R + \frac{h}{2} - z_{M0}\right)^2} = l_{M0}, \quad (7)$$

$$y_{M0} = C_0 + B_0 - A_0, \quad z_{M0} = H_0 + \frac{H}{2}. \quad (8)$$

В закрытом ручье калибра в отличие от открытого фланец обжимается по высоте. Форма очага деформации у вершины закрытого фланца зависит от величины обжатия. Для закрытого фланца необходимо дополнительно рассчитать координаты характерной точки  $G_z$ . Координаты остальных граничных точек  $E_z, C_z, D_z, M_z$  и  $N_z$  определяются аналогично (1)-(8) с учетом направления оси  $Z$  по следующим формулам.

Точка  $E_z$ : 
$$x_{EZ} = \sqrt{R(H-h) - \left(\frac{H-h}{2}\right)^2} = l, \quad y_{EZ} = C_z, \quad z_{EZ} = -\frac{H}{2}. \quad (9)$$

Точка  $C_z$ : 
$$x_{CZ} = 0, \quad y_{CZ} = c_z, \quad z_{CZ} = -\frac{h}{2}. \quad (10)$$

Координаты точки D находим путем совместного решения уравнения наклонной плоскости фланца заготовки и окружности радиуса  $R$ , лежащей в плоскости, параллельной  $XOZ$ , на расстоянии  $c_z$ .

В общем виде уравнение плоскости в отрезках представляется как

$$\frac{x}{a} + \frac{y}{b} + \frac{z}{c} = 1,$$

где  $x, y, z$  - координаты в декартовой системе координат;

$a, b, c$  - отрезки, отсекаемые плоскостью на координатных осях.

Поскольку плоскость фланца заготовки не пересекает координатную ось  $X$ , уравнение принимает следующий вид:

$$\frac{y}{b} + \frac{z}{c} = 1.$$

Длины отрезков  $b$  и  $c$  определяются из геометрических соотношений рис. 4. Точка D лежит на радиусе  $R$ .

Координату  $x_{Dz}$  находим из уравнения окружности радиусом  $R$ .

В общем виде уравнение окружности записывается уравнением

$$x^2 + z^2 = R^2.$$

С учетом переноса осей находим

$$z = \sqrt{R^2 - x^2} + R + \frac{h}{2}$$

Решив это уравнение относительно  $x$  получим координату  $x_{DZ}$  и другие.

Точка  $D_Z$ :  $x_{DZ} = \frac{1}{2} \sqrt{8R z_{DZ} + 4z_{DZ}h - h^2 - 4hR - 4z_{DZ}^2} = l_{DZ}$ ,  $y_{DZ} = c_Z$ , (11)

$$z_{DZ} = -\frac{2c_Z - 2C_Z - 2B_Z + 2A_Z + 2H_Z \tan \varphi_Z + H \tan \varphi_Z}{2 \tan \varphi_Z} \quad (12)$$

Точка  $M_Z$ :  $x_{MZ} = \sqrt{\frac{R^2(s + c_Z - y_{MZ})^2}{s^2} - (R + \frac{h}{2} - |z_{MZ}|)^2} = l_{MZ}$ , (13)

где  $s = R \cdot \left(\frac{B_Z - A_Z}{H_Z}\right)$ ,

$$y_{MZ} = C_Z + B_Z - A_Z, \quad z_{MZ} = -H_Z - \frac{H}{2} \quad (14)$$

Точка  $G_Z$ :  $x_{GZ} = \sqrt{(R - h_Z)\Delta h - \left(\frac{\Delta h}{2}\right)^2} = l_{GZ}$ ,  
где  $\Delta h = 2H_Z + H - 2h_Z - h$ . (15)

$$y_{GZ} = C_Z + B_Z - A_Z, \quad z_{GZ} = -H_Z - \frac{H}{2} \quad (16)$$

Точка  $N_Z$ :  $x_{NZ} = 0$ ,  $y_{NZ} = C_Z + B_Z - a_Z$ ,  $z_{NZ} = -\frac{h}{2} - h_Z$ . (17)

Полученные аналитические выражения используются при решении задач определения формоизменения и энергосиловых параметров прокатки в фасонных калибрах с применением вариационных принципов механики сплошных сред.

**Выводы.** Приведена методика аналитического определения геометрических параметров очага деформации при прокатке фланцевых профилей в калибрах с открытыми и закрытыми ручьями. Путем совместного решения уравнений поверхностей вращения валков и плоских поверхностей заготовки с использованием среды MathCAD получены общие аналитические выражения для расчета координат граничных точек очага деформации. Методика может быть использована при создании универсальной математической модели прокатки фасонных профилей.

**Список литературы:** 1. *Медведев В. С.* Системный подход к вопросу автоматизированного проектирования калибровок валков для прокатки сложных фасонных профилей / *В. С. Медведев* // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2008. – № 3. – С. 41–46. 2. *Медведев В. С.* Развитие научных основ создания базовых технологий для производства экономичных фасонных профилей проката / *В. С. Медведев* // *Вісник Національного технічного університету “ХПІ”*. Зб. наук. пр. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ “ХПІ”. – 2009. – № 33. – С. 77–83. 3. *Медведев В. С.* Аналитическое определение геометрических параметров очага деформации при прокатке фланцевых профилей. Сообщение 1 / *В. С. Медведев, Д. Г. Галушкин* // *Вісник Національного технічного університету “ХПІ”*. Зб. наук. пр. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ “ХПІ”. – 2009. – № 15. – С. 67–71.

Надійшла до редколегії 16.05.2013

**Аналитическое определение геометрических параметров очага деформации при прокатке фланцевых профилей. Сообщение 2./** Медведев В. С., Шпаков В. А., Базарова Е. В.// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 26 (999). – С.15-19 . – Бібліогр.: 3 назв.

Приведена методика аналітичного визначення геометричних параметрів осередка деформації при прокатці фланцевих профілів в калібрах з відкритими і закритими струмками. Шляхом спільного вирішення рівнянь поверхонь обертання валків і плоских поверхонь заготовки отримані загальні аналітичні вирази для розрахунку координат граничних точок осередка деформації. Методика може бути використана при створенні універсальної математичної моделі прокатки фасонних профілів.

**Ключові слова:** фланцевий профіль, прокатка, осередок деформації, геометричні параметри.

The technique of analytical determination of geometrical parameters in the center of deformation is given when rolling flange profiles in calibers with the opened and closed strands. By the joint solution of the equations of surfaces of rotation of rolls and flat surfaces of preparation the general analytical expressions for calculation of coordinates of boundary points of the center of deformation are received. The technique can be used at creation of universal mathematical model of rolling of shaped profiles. Im.:4 DBMS is drawn is developed.

**Key words:** flange profile, rolling, center of deformation, geometrical parameters.