

УДК 621.771.63

Ю. А. ПОДЗОЛКОВА, магистрант, НТУ «ХПІ»;
Ю. А. ПЛЕСНЕЦОВ, канд. техн. наук, с.н.с., НТУ «ХПІ».

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛА ПРИ ВАЛКОВОЙ ФОРМОВКЕ УПРОЧНЕННЫХ ГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ

С использованием метода сопротивления материалов пластическому деформированию определено напряженно-деформированное состояние металла при формовке рифлений на элементах упрочненных профилей и профилей с поверхностью противоскольжения. С использованием принципа энергетического равновесия работы деформирования и жесткости клетки получены аналитические зависимости для определения энергосиловых параметров процесса формовки элементов поверхности противоскольжения и рифлений. Минимизацией функционала полной потенциальной энергии решена задача нахождения фактической высоты рифлений и их осадки.

Ключевые слова: состояние напряженно-деформированное, энергосиловые параметры, рифления, фактическая высота, осадка.

Введение. В современных условиях ресурсосбережение является одним из ключевых элементов создания конкурентоспособной продукции. Увеличение прочностных характеристик гнутых профилей за счет дополнительной пластической деформации участков профилей, не подвергающихся упрочнению при обычном профилировании, способствует улучшению качества самих профилей, изделий с их применением, а также позволяет снизить расход металла без ухудшения прочностных характеристик готовой продукции.

Актуальность исследований. Увеличение прочностных характеристик гнутых профилей за счет дополнительной пластической деформации участков профилей, не подвергающихся упрочнению при обычном профилировании, способствует улучшению качества самих профилей, изделий с их применением, а также позволяет снизить расход металла без ухудшения прочностных характеристик готовой продукции. Сочетание высоких прочностных свойств с небольшим весом детали особенно важно в строительстве. Развитие строительной индустрии и различных подотраслей машиностроения требует расширенного применения гнутых профилей различного типа с гарантированным уровнем прочностных свойств, в том числе, упрочненных специальных гнутых профилей, в связи с чем, работы направленные на создание научных и технологических основ их производства, являются важными и актуальными.

Анализ литературы. Основная масса выявленных технических решений [1-11] направлена на разработку узкоспециализированного оборудования, обеспечивающего производство в каждом случае конкретного профиля для нужд машиностроения и строительства, а также на совершенствование существующих способов их производства. В качестве способов производства в этих решениях заявляется валковая формовка, при этом, практически все зарубежные фирмы используют один важный технологический прием, заключающийся в обеспечении жесткости продольных боковых элементов полосы, либо профилирования сквозных продольных рифлений различной конфигурации, усиливающих различные элементы профиля. Вместе с тем, сведения о производстве упрочненных специальных профилей в промышленных условиях, а также рекомендации по проектированию технологического процесса и расчету энергосиловых параметров их валковой формовки в научно-технической литературе отсутствуют.

Цель и задачи исследования. Целью работы является анализ формоизменения металла при валковой формовке упрочненных специальных профилей и возможностей организации их производства.

Методы исследования. Метод сопротивления материалов пластическому деформированию. Принцип энергетического равновесия работы деформирования и жесткости клетки. Минимизация функционала полной потенциальной энергии.

Постановка задачи. В соответствии с общеизвестной зависимостью удельная работа пластического формоизменения определяется

$$A_{уд} = \int_0^{e_i} \sigma_i de_i \quad (1)$$

полная работа внутренних сил

$$A = \iiint_V A_{уд} dV \quad (2)$$

Поскольку при валковой формовке периодических гофров местная вытяжка листового металла сопровождается утонением в зоне формовки гофров, т.е. имеет место плоское деформированное состояние, конечные деформации определяются следующим образом:

$$e_1 = -e_3 = \frac{\sqrt{3}}{2} e_i, \quad (3)$$

где e_1 – деформация в направлении ширины гофра;

e_3 – деформация по толщине металла гофра.

Распределение утонения по поперечному сечению гофров определяется по зависимости

$$\Delta S = 2 \int_0^{s/2} e_3 dy, \quad (4)$$

где S – толщина металла.

Для теоретического анализа процесса валковой формовки поверхностей противоскольжения на первом технологическом переходе использован принцип энергетического равновесия работы деформирования и жесткости клетки

$$\Phi = \frac{1}{2} G (H_1 - H)^2 + A_{ДЕФ}(H) \rightarrow \min, \quad (5)$$

где G – жесткость клетки;

H – высота формируемых рифлений;

H_1 – высота гофра по калибру вала;

$A_{ДЕФ}(H)$ – работа деформации при вытяжке рифлений.

Для анализа формоизменения металла принята схема очага деформации, приведенная на рис. 1.

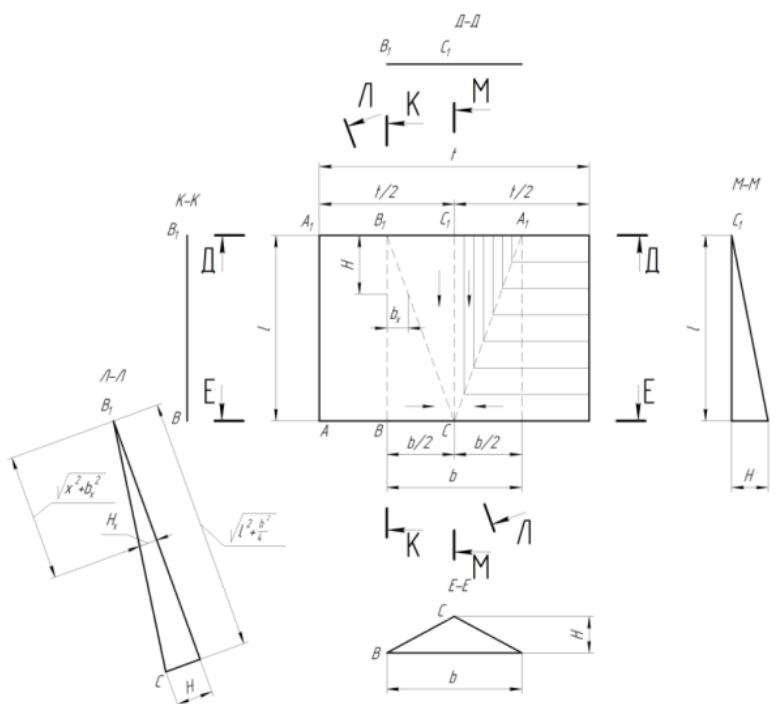


Рис. 1 – Схема очага деформации, принятая для анализа формоизменения металла при вытяжке рифлений

В связи с незначительной высотой формуемых рифлений, приняты следующие допущения:

- деформации растяжения в очаге имеют место на участке, не превышающем ширину рифления;
- напряжения и деформации связаны по линейному закону;
- валки изгибаются по дуге постоянной кривизны.

Задача нахождения фактической высоты рифлений решалась минимизацией функционала полной потенциальной энергии

$$\Phi_1 = A_{ДЕФ}(H) - PH \rightarrow \min \quad (6)$$

$$\Phi_2 = 2 \int_{\forall} A_{ПР}(\Delta H) dV + \sum_{i=1}^n A_{ДЕФ}(H - 2\Delta H_i) + \frac{1}{2} G(H_2 - H)^2 \rightarrow \min \quad (7)$$

где n – число формуемых рифлений;

V – объем валка;

ΔH_i – прогибы валков при формовке рифлений;

$A_{ПР}(\Delta H)$ – работа прогиба валка, зависящая от его ширины;

H – высота крайних формуемых рифлений.

Для исследования процессов осадки отформованных рифлений использовали принцип минимума полной потенциальной энергии

$$\Phi_3 = A_{ВНУТР} - A_{ВНЕШН} \rightarrow \min, \quad (8)$$

где $A_{ВНУТР}$ – работа внутренних сил (работа деформирования);

$A_{ВНЕШН}$ – работа внешних сил.

Расчетная схема, принятая для анализа процесса осадки, приведена на рис. 2.

Основные результаты. В конечном виде выражение (7) можно выразить следующей зависимостью

$$\Phi = \frac{16Ed_B^4 \Delta h^2}{3B^3} + \frac{1}{2} G(H_2 - H)^2 + 2 \sum_{i=1}^{nh} 2S \frac{l}{4} \left[\left(\sigma_T + \Pi \frac{(H - \Delta h_i)^2}{B^2} \right) \cdot \frac{(H - \Delta h_i)^2}{B^2} + \left(\sigma_T + \Pi \frac{(H - \Delta h_i)^2}{B^2} \right) \cdot \frac{(H - \Delta h)^2}{B^2} \right] \rightarrow \min, \quad (9)$$

где Δh_i – значение стрелы прогиба в расчетном сечении, определяемое по зависимости

$$\Delta h_i = \frac{2Z_i}{B} \Delta h \quad (10)$$

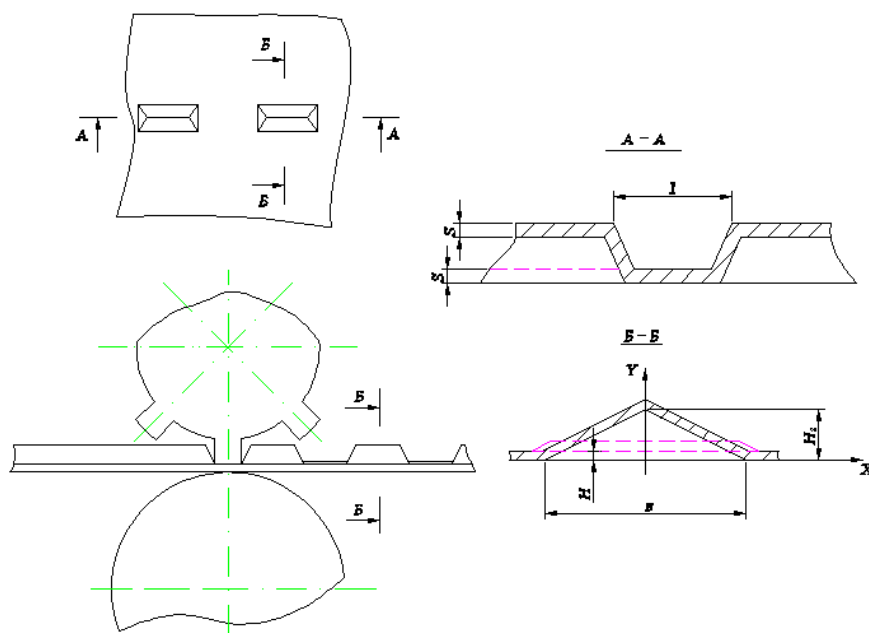


Рис. 2 – Расчетная схема для анализа процесса осадки

В результате расчетов по полученным зависимостям установлено, что полная осадка рифления обеспечивается усилием 9 кН.

Следует отметить, что расчетные значения усилий и крутящих моментов при вытяжке гофров на 34% выше, чем при их осадке.

Расчетные значения энергосиловых параметров валковой формовки поперечных периодических гофров, выполненные по зависимостям (1.10), (1.12), составляют: 70 кН – усилие вытяжки рифления; 23 кНм – крутящий момент.

Выводы:

1. С использованием метода сопротивления материалов пластическому деформированию определены компоненты напряженно-деформированного состояния металла при формовке рифлений на элементах упрочненных профилей и профилей с поверхностью противоскольжения.

2. С использованием принципа энергетического равновесия работы деформирования и жесткости клетки получены аналитические зависимости для определения энергосиловых параметров процесса формовки элементов поверхности противоскольжения и рифлений.

3. Минимизацией функционала полной потенциальной энергии решена задача нахождения фактической высоты рифлений и их осадки.

Список литературы. 1. *Тришевский И. С.* Теоретические основы процессов профилирования / И. С. Тришевский, М. Е. Докторов. – М.: Металлургия, 1980. – 288 с. 2. *Тришевский И.С.* Калибровка валов для производства гнутых профилей проката / под ред. И.С. Тришевского. – Киев: Техника, 1980. – 288 с. 3. *Тришевский И.С.* Производства гнутых профилей (оборудование и технология). – М.: Металлургия, 1982. – 384 с. 4. *Применение гнутых профилей проката: справочник / И. С. Тришевский, Г. В. Донец, М. Е. Докторов и др.* – М.: Металлургия, 1975. – 421 с. 5. *Березовский С.Ф.* Производство гнутых профилей: С.Ф. Березовский, И.С. Тришевский. – М.: Металлургия, 1985. – 200 с. 6. *Тришевский И.С.* Гнутые профили проката: справочник / И.С. Тришевский, В. В. Лемпицкий, Н.М. Воронов и др. / под ред. И.С. Тришевского. – М.: Металлургия, 1980. – 351 с. 7. *Унксов Е.П.* Теория пластических деформаций металлов / Е.П. Унксов, А.Г. Овчинников. – М.: Машиностроение, 1983. – 364 с. 8. *Кроха В.А.* Упрочнение металлов при холодной пластической деформации: справочник / В.А. Кроха. – М.: Машиностроение, 1980. – 158 с. 9. *Гун Г. Я.* Теоретические основы обработки металлов давлением / Г.Я. Гун. – М.: Металлургия, 1980. – 456 с. 10. *Колмогоров В.Л.* Механика обработки металлов давлением. – М.: Металлургия, 1986. – 688 с. 11. *Чиченев Н.М.* Методы исследования процессов обработки металлов давлением / Н.М. Чиченев, А.Б. Кудрин, П.И. Полухин. – М.: Металлургия, 1977. – 287 с.

Поступила в редколлегию 14. 02.2014

УДК 006.015.5

В. В. СЕБКО, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»;

В. Н. БАБЕНКО, ассистент, НТУ «ХПИ»;

Е. Н. РЯБОВОЛ, студент, НТУ «ХПИ».

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАТУХАНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В ПРОМЫШЛЕННОЙ МИКРОВОЛНОВОЙ КАМЕРЕ

Предложен алгоритм совместного измерительного контроля коэффициента затухания h_r , относительной магнитной проницаемости μ_r , удельной электрической проводимости σ_t и температуры t стенки микроволновой камеры с помощью экранного вихретокового устройства. Предложен четырехпараметровый вихретоковый метод измерительного контроля относительной магнитной проницаемости, удельной электрической проводимости, температуры и коэффициента затухания однородного магнитного поля в стенке микроволновой камеры. Приведены основные соотношения, описывающие четырехпараметровый экранный метод.

Ключевые слова: микроволновая камера, алгоритм совместного измерительного контроля, вихретоковое устройство.

Введение. В настоящее время в таких отраслях промышленности как перерабатывающая и пищевая, изготовление строительных материалов, а также диэлектрических веществ и материалов, которые используются в машиностроении и приборостроении, широко используют микроволновые технологии (МТ) [1–4]. При этом одной из основных проблем современной промышленности Украины является обеспечение необходимого уровня качества выпускаемой продукции.