

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОФИЛЯ ПРЕССОВОГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ ПОЛУЧЕНИИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВОЛОКОН

Рассмотрены вопросы оптимизации профиля прессовой оснастки на основании анализа поля линий скольжения установившейся стадии прессования через различные профили матричных воронок для устойчивого получения разделенных волокон прессованием литых гранул.

The questions of extrusion equipment optimization are considered on the basis of the analysis of a sliding lines field of the established pressing various matrix funnel structure for steady reception of the separated fibres during cast granules extrusion.

Методы порошковой металлургии позволяют изготавливать обладающие сложным сочетанием свойств высокопористые материалы, которые другими способами получить невозможно. Среди них особое место занимают материалы волокнистого строения, отличающиеся более высоким по сравнению с порошковыми уровнем прочностных, структурно-гидродинамических и других характеристик. Широкое распространение уже имеют изделия из волокон меди, алюминия, никеля, нихрома, коррозионно-стойкой стали и других металлов и сплавов.

Однако отсутствие высокопроизводительных, энергоемких, экологически чистых методов получения качественных и дешевых волокон сдерживают развитие волокнутой металлургии. Сказанное в полной мере относится к свинцовым волокнам, используемых как исходное сырье в производстве пористых систем фильтрации агрессивных сред и которые невозможно получить с помощью традиционных технологий (например, волочением).

С целью устранения недостатков при производстве волокон в Кировоградском государственном техническом университете был разработан принципиально новый, дешевый и эффективный технологический процесс получения металлических волокон методом прессования литых гранул [1]. Однако, одной из проблем при получении волокон из литых гранул является неустойчивость процесса получения разобщенных волокон, вызванная их схватыванием по мере выхода из очага деформации (объем брака составляет до 15% от объема получаемых волокон). По этой причине получение “распушенных” волокон приобретает большое научное и практическое значение при решении задачи производства дешевых металлических нитей.

В работах [2, 3] проведено исследование влияния геометрии очага деформации на процесс получения разобщенных волокон и показано, что напряженное и деформированное состояние металла, размеры очага деформации и распределение результирующих деформаций в выпрессовке при прессовании существенно зависят от профиля матричной воронки и величины калибрующего пояска матрицы. Результаты теоретических и экспериментальных исследований показали, что оптимальные энергосиловые условия, а также устойчивое получение разобщенных волокон достигаются при прессовании через матрицу, имеющую профиль, выполненный по линии скольжения, разделяющей упругую и пластическую зоны установившейся стадии.

Данная работа является продолжением исследования влияния различных профилей матричных воронок на геометрию очага деформации при прессовании гранул на волокна [2, 4] и, как следствие, определение условий гарантированного получения разобщенных металлических нитей.

При использовании модели разрушения волоконных выпрессовок, полученных на различных профилях матричных воронок, для количественной оценки немонотонности пластической деформации был введен угол Φ , характеризующий поворот осей главных скоростей удлинения относительно материальной частицы:

$$\Phi = \int_0^t (\omega_1 - \omega_2) \cdot dt ,$$

где ω_1 – угловая скорость жесткого поворота материальной частицы при пластической деформации;

ω_2 – угловая скорость вращения главных осей тензора скорости деформации T_ξ .

Интеграл подсчитывался вдоль траектории движения частицы. Отмечено [5], что плавный поворот главных осей T_ξ относительно материальных волокон на угол $\Phi < 90^\circ$ оказывает слабое влияние на пластичность металла нитей в волокнутой выпрессовке. Существенный рост пластичности связан главным образом со знакопеременным характером развития деформации, т.е. с таким ее течением, при котором главные оси совершают знакопеременный поворот в лагранжевой системе координат. Приведенные соображения позволяют сделать рекомендации по использованию условия разрушения волокнутой выпрессовки в технологических расчетах прессования гранул на волокна. Это условие считается справедливым для процессов пластической деформации, близких к монотонным, а также для участков немонотонной деформации, на которых направление поворота главных осей T_ξ относительно материальных волокон сохраняется постоянным.

Методом линий скольжения с помощью известного решения Р. Хилла определяли напряженные состояния выпрессовок (рис. 1). Затем находили координаты сетки линий скольжения в физической плоскости (x, y) , в плоскостях напряжений (σ, φ) и скоростей (v_α, v_β) . При построении траекторий движения частиц, при расчете накапливаемых пластических деформаций, степени использования запаса пластичности приближенно считали (по И.П. Ренне [5]), что материальная частица движется как жесткое тело внутри каждой ячейки сетки характеристик и деформируется на линиях скольжения при переходе из одной ячейки в следующую.

Средняя скорость v и направление движения δ частицы внутри ячейки (рис. 2) определяли из очевидных соотношений:

$$\left. \begin{aligned} v &= \sqrt{v_x^2 + v_y^2}; \\ \delta &= \arctg \frac{v_y}{v_x}, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где

$$v_x = \frac{\sum_{i=1}^4 [(v_\alpha)_i \cdot \cos \varphi_i + (v_\beta)_i \cdot \sin \varphi_i]}{4}; \quad (2)$$

$$v_y = \frac{\sum_{i=1}^4 [(v_\beta)_i \cdot \cos \varphi_i + (v_\alpha)_i \cdot \sin \varphi_i]}{4}. \quad (3)$$

Полагая отрезки линий скольжения, соединяющие узлы рассматриваемой ячейки, прямолинейными, находили точки пересечения траекторий движения частиц с границами ячейки и время прохождения частицы через данную ячейку t . Приращение степени деформации сдвига на линиях скольжения определяли по формуле:

$$\Lambda = \frac{|\Delta v_\tau|}{v_n}, \quad (4)$$

где Δv_τ – величина скачка в касательной составляющей скорости;

v_n – нормальная составляющая скорости движения деформируемых частиц.

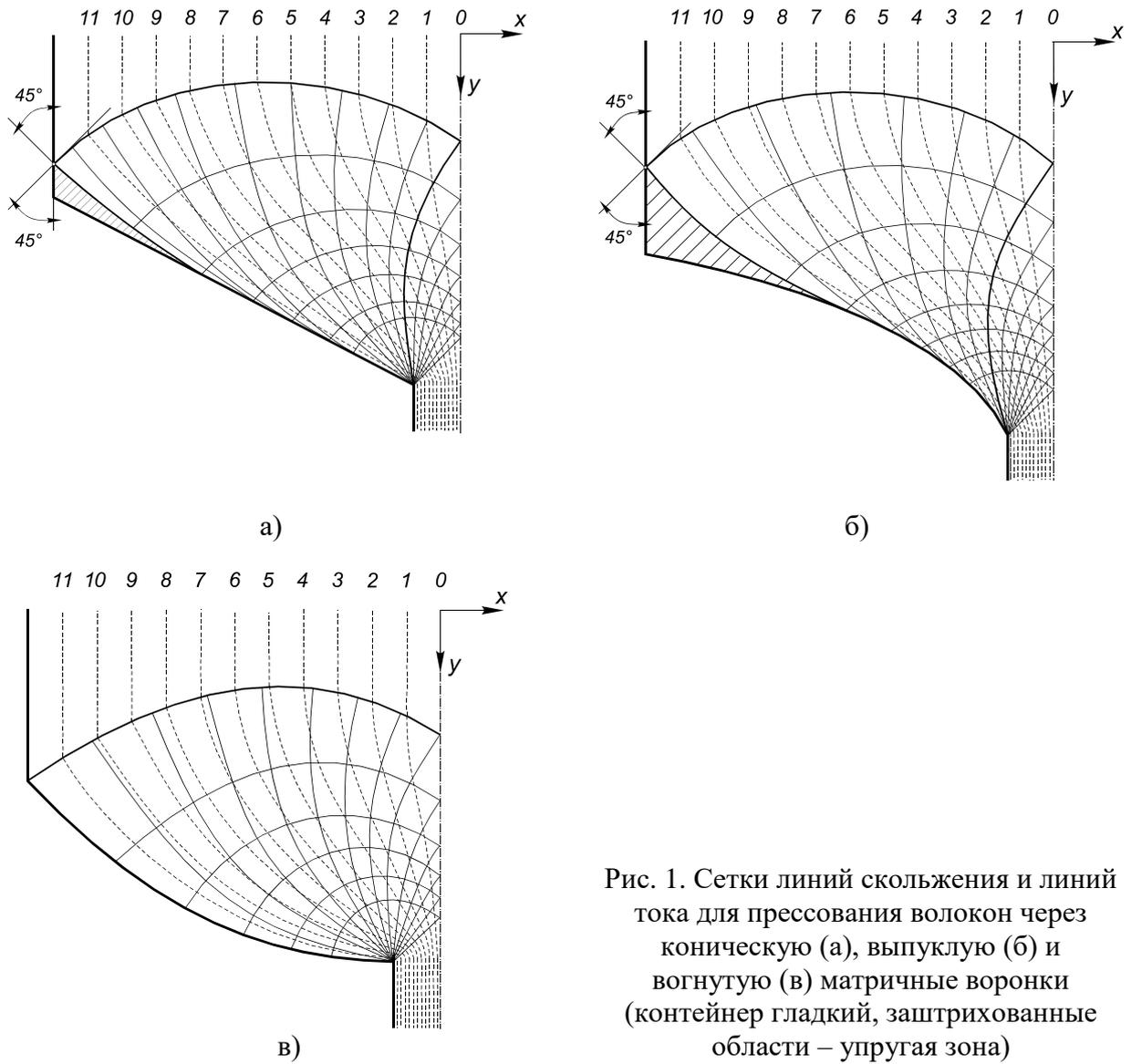


Рис. 1. Сетки линий скольжения и линий тока для прессования волокон через коническую (а), выпуклую (б) и вогнутую (в) матричные воронки (контейнер гладкий, заштрихованные области – упругая зона)

Угол, характеризующий немонотонность деформации, определяли как:

$$\Phi = \Phi_1 + \Phi_2, \quad (5)$$

где Φ_1 – угол жесткого поворота материальной частицы после ее прохождения очередной ячейки (см. рис. 1):

$$\Phi_1 = t \cdot \text{rot} \frac{(\vec{v})}{2}; \quad (6)$$

$$\text{rot}(\vec{v}) = \left\{ \left[(v_\alpha)_1 + (v_\alpha)_4 \right] \cdot l_{14} + \left[(v_\beta)_3 + (v_\beta)_4 \right] \cdot l_{34} - \right. \\ \left. - \left[(v_\alpha)_2 + (v_\alpha)_3 \right] \cdot l_{23} + \left[(v_\beta)_1 + (v_\beta)_2 \right] \cdot l_{12} \right\} / 2S,$$

где l – длина соответствующей стороны ячейки;

S – ее площадь;

Φ_2 – угол поворота главных осей тензора напряжений относительно оси x :

$$\Phi_2 = \frac{\sum_{i=1}^4 \Delta\varphi_i + \pi}{4}. \quad (7)$$

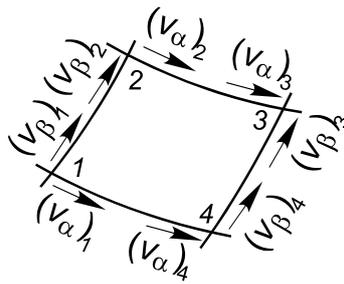


Рис. 2. Расчетная ячейка

Для всех выпрессовок (см. рис. 1) исследованию по модели (1) – (7) подвергали линии тока 11, так как материальные частицы, двигаясь по этой траектории, проходят наибольший путь. Результаты расчетов для линий тока 11 по формулам (1) – (7) представлены на рис. 3.

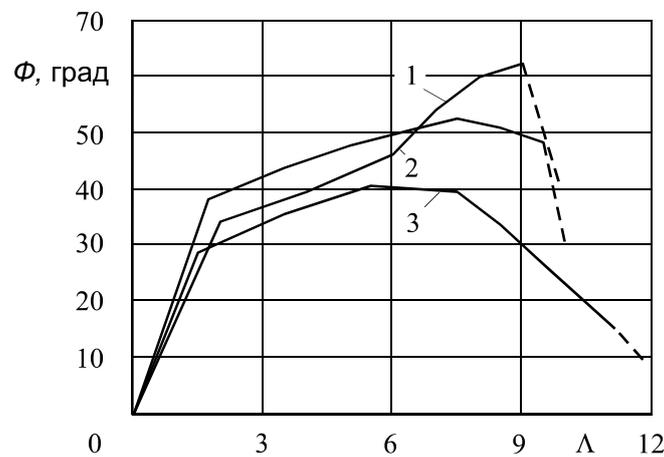


Рис. 3. Направления угла Φ вдоль траектории движения частиц (линия тока 11) при прессовании волокон через вогнутую (1), коническую (2) и выпуклую (3) матричные воронки

Определение использования ресурса пластичности волоконной выпрессовки вдоль всех линий тока при прессовании волокон через различные профили матриц (см. рис. 1) в отсутствие экспериментальных диаграмм пластичности для свинца С2 выполняли для стали 20. Такая подстановка дает несколько количественный, сколько качественный анализ накопленной величины сдвиговой деформации и показателя ресурса пластичности по сечению волоконной выпрессовки. Показатель напряженного состояния подсчитывали в точках пересечения ломаных линий разрыва скоростей по известной методике [6]. Для подсчета степени деформации использовали формулу (4).

Расчеты показывают (рис. 4), что степень использования ресурса пластичности при прессовании во всех случаях возрастает от центра к периферийным волокнам выпрессовки. Наиболее вероятно разрушение по границам контактирующих волокон при прессовании через вогнутую матричную воронку, у которой расчетная степень использования пластичности на периферии выпрессовки равна 1,08.

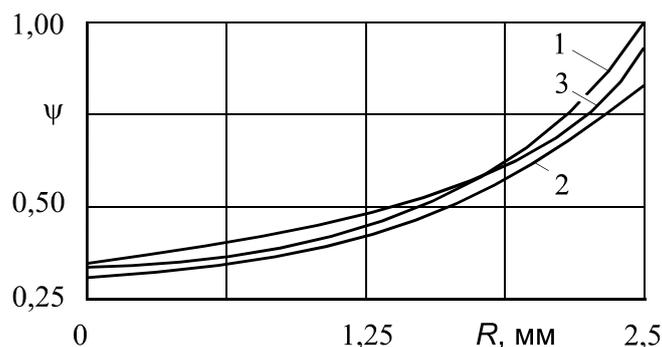


Рис. 4. Степень использования ресурса пластичности при прессовании волокон через вогнутую (1), коническую (2) и выпуклую (3) матричные воронки

Выводы

Таким образом, использование вогнутых воронок дает получение металлических волокон не только с минимальными энергосиловыми параметрами процесса, но создает условия разрушения волокнутой выпрессовки (системы “металл волокна – вторичная структура” [7]) при выходе из очага деформации, и, тем самым, позволяет значительно повысить устойчивость процесса получения разобщенных волокон.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шепельский Н.В., Пукалов В.В., Свяцкий В.В. Разработка технического задания на проектирование опытно-промышленной установки непрерывного получения металлических волокон // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Зб. наук. праць КДТУ. – Кіровоград: КДТУ. – 2001. – Вип. 31. – С. 141 – 145.
2. Шепельский Н.В., Свяцкий В.В. Влияние геометрии очага деформации на процесс получения разобщенных волокон при прессовании литых гранул // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском в металургії та машинобудуванні: Збірн. науков. праць ДДМА. – Краматорськ-Слов'янськ, 2000. – С. 242 – 248.
3. Шепельский Н.В., Свяцкий В.В. Оптимизация профиля матричной воронки для прессования // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка металлов давлением. – 2000. – №8. – С. 10 – 12.
4. Шепельский Н.В., Свяцкий В.В., Лукьяненко Л.П. Особенности пластического течения гранул при прессовании волокон через криволинейные матрицы // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: Зб. наукових праць КДТУ. – Кіровоград: КДТУ, 2003. – Вип. 13. – С. 386 – 391.
5. Колмогоров В.Л. Напряжения, деформации, разрушение. – Л.: Металлургия, 1970. – 229 с.
6. Пластичность и разрушение / Под ред. В.Л. Колмогорова. – М.: Металлургия, 1977. – 336 с.
7. Шепельский Н.В., Свяцкий В.В. Механизм разрушения по границам раздела деформируемых частиц при прессовании // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні: Зб. науков. праць ДДМА. – Краматорськ, 2000. – С. 38 – 40.