

УДК 621.771

Программа расчета режимов прокатки пористых сетчатых материалов

Жуков Лев Антонович^(*)

La.zhukov@yandex.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Разработана методика проектирования пористых сетчатых материалов (ПСМ), решающая две ключевые задачи: обеспечение заданной тонкости фильтрации и требуемых расходных характеристик. Предложен комплекс аналитических зависимостей, связывающих геометрические параметры сетки с ее эксплуатационными свойствами. Создано программное обеспечение для многоступенчатого подбора оптимальных параметров ПСМ по ГОСТ 3187–76 с учетом технологических ограничений прокатки. Алгоритм позволяет выбрать вариант, максимально соответствующий заданным размерам пор и расходу среды, что упрощает производство пористого сетчатого материала.

Ключевые слова: пористые сетчатые материалы, тонкость фильтрации, расходные характеристики, гидравлическое сопротивление, геометрические параметры сетки, прокатка, степень деформации, алгоритм подбора

Program for calculating rolling modes of porous mesh materials

Zhukov Lev Antonovich^(*)

La.zhukov@yandex.ru

BMSTU, Moscow, Russia

Abstract. A method for designing porous mesh materials (PSM) has been developed, solving two key problems: ensuring a given filtration fineness and the required flow characteristics. A set of analytical dependencies is proposed, linking the geometric parameters of the mesh with its operational properties. Software has been created for multi-stage selection of optimal PSM parameters according to GOST 3187–76, taking into account the technological limitations of rolling. The algorithm allows choosing the option that best matches the specified pore sizes and flow rate of the medium, which simplifies the design of filtration systems for industrial sectors.

Keywords: porous mesh materials, filtration fineness, flow characteristics, hydraulic resistance, mesh geometric parameters, rolling, degree of deformation, selection algorithm

Введение. Пористые сетчатые материалы (ПСМ) широко применяются в качестве фильтрующих элементов в критически важных отраслях, таких как фармацевтическая стерилизация и нефтегазовая обработка. Их эффективность определяется решением двух ключевых взаимосвязанных задач: обеспечения заданной тонкости фильтрации и достижения требуемых расходных характеристик. Сложность проектирования заключается в необходимости учета многочисленных структурных параметров сетки (геометрии плетения,

диаметра проволоки) и их влияния на гидродинамическое сопротивление [1]. Данная работа посвящена разработке комплексной методики и алгоритма для системного подбора оптимальных параметров ПСМ, обеспечивающих соответствие заданным техническим требованиям.

Материалы и методы. В основе методики лежит аналитический расчет взаимосвязи между геометрическими параметрами сетки (диаметры проволок основы d_o и утка d_y , размер ячейки) и ее эксплуатационными характеристиками (рис. 1).

Для описания структуры материала использованы безразмерные коэффициенты подобия [2].

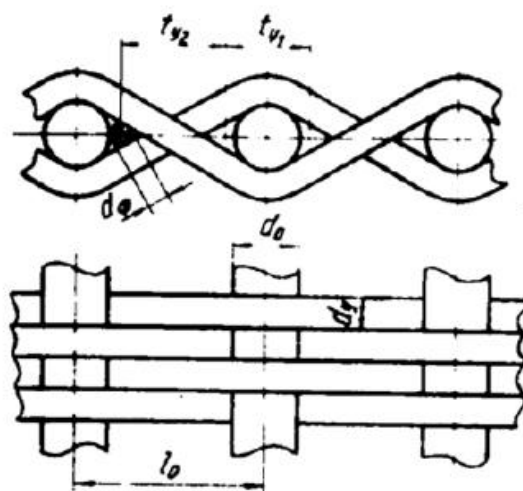


Рис. 1. Конструкция фильтровой сетки

Рассчитывались ключевые параметры: пористость (Π), скважность (c), коэффициент извилистости (ξ) и размер пор (a). Гидродинамическое сопротивление оценивалось через число Рейнольдса (Re) и перепад давления (Δp) с использованием уравнений, адаптированных для фильтровых сеток [3].



Рис. 2. Алгоритм программы расчета характеристик ПСМ

Для автоматизации подбора был разработан специализированный алгоритм, реализующий многоступенчатую фильтрацию вариантов сеток по ГОСТ 3187–76 на основе заданных пользователем критериев: габаритных размеров, требуемого размера пор, расхода среды и допустимого перепада давления (рис. 2). Алгоритм учитывает технологические ограничения (например, возможности прокатного стана Дуо-600) и экспериментальные данные о поведении материалов при прокатке ПСМ (рис. 3).

Результаты. Разработанный алгоритм позволяет автоматизировано отбирать оптимальные конфигурации сеток для производства ПСМ. На основе введенных пользователем технических требований программа последовательно исключает неподходящие варианты, проверяя соответствие по габаритам, диапазону размеров пор и т. д. Для прошедших фильтрацию вариантов производится точный пересчет финального обжатия, размера пор, расхода и перепада давления. Конечным результатом работы программы является таблица решений, отсортированных по двум ключевым критериям: максимальному соответствию целевому размеру пор (для задач тонкой фильтрации) и целевому расходу среды (для задач высокой производительности).

Задано			Расход			
Габарит	длина, мм	600	Выберите газ/жидкость	Азот		
	ширина, мм	400	- азот			
	толщина, мм	2	- воздух			
			- вода			
Диаметр пор, мкм		70	- керосин			
Расход, м³/(с*м²)		0,8	Кинематическая вязкость, м²/с	1,6		
Перепад давления, МПа		0,1	Плотность, кг/м³	1,165		
Варианты решений						
№	Номер сетки	Кол-во слоёв	Обжатие	Размер пор, мкм	Расход, м³/(с*м²)	γ
ПСМ_вариант№25	44	3	0,33	70,22	1,225	
ПСМ_вариант№26	48	3	0,33	66,47	1,030	
ПСМ_вариант№27	52	3	0,30	61,53	0,976	
ПСМ_вариант№28	56	3	0,27	59,37	0,943	
ПСМ_вариант№29	60	3	0,27	57,34	0,822	

Рис. 3. Соответствие результатов и заданных параметров в интерфейсе программы

Это наглядно демонстрирует компромисс между фильтрующей способностью и гидравлическим сопротивлением.

Обсуждение полученных результатов. Предложенная методика и программный инструмент решают актуальную проблему трудоемкого и несистематизированного подбора параметров ПСМ [4]. Алгоритм, основанный на аналитических моделях и экспериментальных данных, позволяет не просто выбрать подходящую сетку, но и прогнозировать ее поведение в процессе прокатки, что критически важно для обеспечения стабильности характери-

стик в серийном производстве. Разделение итоговых решений на приоритетные по размеру пор и по расходу предоставляет инженеру возможность осознанно выбрать компромиссный вариант, наилучшим образом отвечающий конкретным эксплуатационным условиям. Разработанный подход имеет практическую значимость для проектирования и оптимизации фильтрационных систем, сокращает время на подготовку производства и повышает точность соответствия конечного продукта техническому заданию.

Заключение. Проведенное исследование подтвердило актуальность и высокую практическую значимость разработки системного подхода к проектированию пористых сетчатых материалов. Актуальность задачи обусловлена возрастающими требованиями промышленности к точности фильтрации и энергоэффективности фильтрационных систем, а также необходимостью сокращения времени на подготовку производства и исключения субъективного фактора при подборе материалов.

Разработанная комплексная методика, включающая аналитические модели расчета ключевых характеристик ПСМ (пористости, скважности, гидравлического сопротивления) и алгоритм многоступенчатого отбора, позволяет эффективно решать две основные технологические задачи: обеспечение заданной тонкости фильтрации и требуемых расходных характеристик. Созданное программное обеспечение автоматизирует процесс выбора оптимальных параметров из стандартизированного ряда сеток по ГОСТ 3187–76 с учетом технологических ограничений производства.

Полученные результаты открывают перспективы для дальнейшего развития методики, в частности, для расширения базы данных материалов, включения дополнительных критериев оптимизации и адаптации алгоритма для проектирования многослойных и композитных фильтрующих элементов.

Список источников

- [1] Колесников А.Г., Синельников Ю.И., Третьяков А.Ф. и др. *Пористые сетчатые материалы*. Москва, Металлургия, 1983.
- [2] Белов С.В. *Пористые проницаемые материалы. Справочник*. Москва, Металлургия, 1987, 335 с.
- [3] Ковальчук Е.Н., Орлов Д.Л. *Порошковая металлургия и обработка пористых материалов*. Санкт-Петербург, Политехника, 2017, 320 с.
- [4] Колесников А.Г., Никитин Г.С., Шуляк М.Н. Ресурсосберегающая технология производства массовых деталей в неразрывном технологическом потоке от жидкого металла до готовой продукции. *Непрерывные процессы обработки давлением. Всерос. науч.-техн. конф., посв. 100-летию со дня рождения академика А. И. Целикова: тр.* Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004, с. 66–69.