

ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВИТРАТ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ФІЛЬТРА ГРУБОГО ОЧИЩЕННЯ РІДИН ІЗ МЕТАЛЕВОЇ СІТКИ

В. Мірзак, канд. техн. наук, доцент

О. Сіса, канд. техн. наук, доцент

Центральноукраїнський національний технічний університет

Фільтри грубого очищення (ФГО) рідин є важливим елементом у багатьох гідравлічних, паливних та мастильних системах, де вони забезпечують початкову фільтрацію великих механічних домішок, здатних викликати знос, забиття або вихід з ладу вузлів і механізмів [1, 2]. Їх основна функція – затримка частинок розміром понад 50–100 мкм, що дозволяє захистити більш точні й дорогі фільтри тонкого очищення. Тому робота, яка направлена на створення та удосконалення таких фільтрів є актуальною задачею і має практичну цінність.

ФГО поділяють за:

- призначенням – для очищення палива, мастила, гідравлічних рідин, води;
- областю застосування – автомобільні, авіаційні, суднові, промислові системи;
- типом фільтрувального елемента – сітчасті, перфоровані, керамічні, щілинні, сітково-рамкові;
- матеріалами корпусу – метал, полімери, композити;
- типом зворотної очистки – фільтри, що самоочищуються, або потребують ручного промивання.

Фільтрувальні елементи на основі металевої сітки (рис.1) є одними з найпоширеніших у ФГО завдяки високій механічній міцності, стійкості до температурних та хімічних впливів, багаторазовості використання, доступній вартості у виробництві.



Рисунок 1 – Фільтрувальні елементи з нержавної сталі

Джерело: на підставі [3]

Металеві сітки виготовляються переважно з нержавної сталі, рідше з латуні чи бронзи. Вони можуть мати різний ступінь фільтрації (наприклад, від 100 мкм до 300 мкм) залежно від діаметра дроту та розміру комірки.

У паливних системах ФГО застосовуються для:

- первинного захисту паливного насоса і форсунок;
- відсікання іржі, піску, частинок фарби чи полімерного сміття з паливного бака;
- продовження ресурсу фільтрів тонкого очищення.

Такі системи з ФГО найчастіше застосовуються в різних видах транспорту.

Фільтр грубого очищення з металевою сіткою функціонує за принципом механічного затримування частинок. Забруднена рідина проходить через металеву сітку, де частинки понад заданий розмір затримуються. Після забруднення фільтрувальний елемент можна промити та використовувати повторно, що забезпечує економічну ефективність.

Незважаючи на низку переваг використання металевої сітки у ФГО, існують певні технологічні ускладнення при виготовленні з неї власне фільтрувальних елементів. Типовий технологічний процес створення фільтрувального елемента складається з наступних етапів:

- заготівельні операції (розкрій корпусу та сітки);
- механічна обробка (токарні, свердлильні, шліфувальні роботи);
- формування фільтрувального елемента (згинання, зварювання);
- збірка (з'єднання елементів, ущільнення);
- фінішні операції (випробування, очищення, маркування).

Звернемо увагу на етап формування фільтрувального елемента. Роботи пов'язані зі згинанням, зварюванням, виготовленням утримуючого каркасу достатньо трудомісткі. В роботі [4] пропонується виготовляти фільтрувальний елемент штампуванням, використовуючи операцію витягування. В результаті отримується сформований циліндричний фільтрувальний елемент з робочою донною частиною, що збільшує пропускну здатність фільтра.

Але виникає інша проблема. Щоб зменшити витрати на проєктування та виготовлення штампового оснащення, у більшості випадків бажано підбирати робочі параметри фільтрувального елемента (діаметр, висота) так, щоб його можна було отримати за один (перший) перехід витягування. На стадії конструювання виробу цей чинник переважно не враховують, оскільки конструктор займається компоновкою фільтра без урахування технології виготовлення його елементів, а технологи, розробляючи технологічний процес, користуються вже готовим кресленням деталі.

У цій роботі пропонується розрахунковий метод вибору параметрів фільтрувального елемента, виходячи з обмежень на його формування за один перехід. Таким обмеженням може бути граничний коефіцієнт витягування [5], який можна знайти в довідковій літературі або, у разі його відсутності, визначити за даними заводських випробувань. Розрахунковий коефіцієнт витягування повинен або дорівнювати граничному, або бути більшим. Це гарантує отримання деталі без руйнування її поверхні в місцях переходу від стінки до донної частини. Схема до розрахунку наведена на рис. 2.

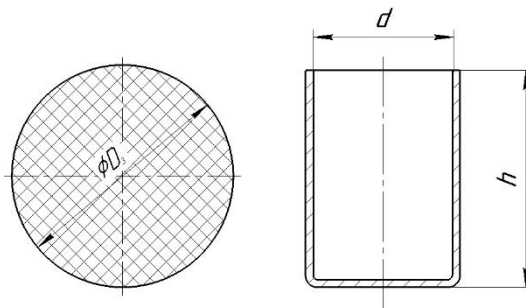


Рисунок 2 – Схема до розрахунку геометричних параметрів фільтрувального елемента

Джерело: розроблено авторами

Розрахунковий коефіцієнт витягування m_1 визначається за формулою:

$$m_1 = \frac{d}{D_3} \quad (1)$$

де d – діаметр внутрішньої циліндричної частини фільтрувального елемента, мм;

D_3 – діаметр заготовки, якщо вона кругла, або еквівалентний діаметр, якщо вона квадратна, мм

Далі розрахунок ведемо з умови рівності площі заготовки та площі витягнутої деталі з урахуванням її циліндричної й донної частин. У результаті звичайних алгебраїчних перетворень отримуємо підсумкову формулу для розрахунку коефіцієнта витягування залежно від діаметра фільтрувального елемента та його висоти:

$$m_p = \sqrt{\frac{0.25 \cdot d}{h + 0.25 \cdot d}}; \quad (2)$$

де h – висота фільтрувального елемента, мм.

Тепер можна комбінувати параметри d і h , стежачи за тим, щоб витримувалося відповідне співвідношення:

$$m_p \geq [m_e] \quad (3)$$

де $[m_e]$ – граничний коефіцієнт витягування на першій операції.

Таким чином можна оптимізувати вищезгадані параметри, пристосовуючись до обмежених габаритів ФГО.

І лише в тому разі, коли не вдається підібрати потрібні співвідношення між діаметром і висотою, переходять до застосування другої, третьої та наступних операцій витягування. Методика розрахунків залишається та сама, лише граничний коефіцієнт витягування береться для другої та наступних операцій за потреби. У результаті спостерігається стрімке зростання витрат на проєктування та виготовлення штампового оснащення, що суттєво впливає на собівартість фільтрувального елемента й збільшує строки підготовки виробництва.

З метою прискорення проєктних процедур наведені розрахунки можна реалізувати у вигляді простих діалогових програм у таких поширених програмних продуктах, як Mathcad або Microsoft Excel, з розширенням інформаційної складової, наприклад, розрахунками сумарної площі поверхні фільтрувального елемента або окремо площ його циліндричної та донної частин.

Зрозуміло, що на собівартість фільтрувальних елементів впливають і інші фактори, а саме: тип і якість сітки, матеріал корпусу, складність конструкції, обсяг партії, точність обробки, але в даній роботі детально їх вплив не розглядається.

Висновок.

Фільтри грубого очищення з металевої сітки є технологічно простими, надійними та відносно недорогими у виробництві. Впровадження елементів оптимізації виробничих процесів дає змогу суттєво зменшити витрати без втрати якості, що особливо актуально для серійного та дрібносерійного виробництва. Проведений аналіз показав, що значну частку в технологічних витратах становлять заготівельно-зварювальні операції та етапи складання. Альтернативою є впровадження формозмінних штампувальних операцій (у цьому випадку — операцій витягування), які не лише прискорюють процес виготовлення, а й підвищують ефективність роботи фільтрувального елемента завдяки збільшенню поверхні фільтрації. Запропонований розрахунковий метод оптимізації геометричних параметрів фільтрувального елемента, заснований на контролі за граничним коефіцієнтом витягування, може значно скоротити технологічні витрати на підготовку виробництва ФГО.

Виконана робота не претендує на повноту. Планується продовжити роботу в цьому напрямку шляхом вдосконалення методик оптимізації технологічних витрат при створенні ФГО.

Список літератури

1. Рязанцев Р. Ю. Гідравліка, гідро – та пневмоприводи: Навч. посіб.. Бар : Барський фаховий коледж транспорту та будівництва НТУ, 2022, 140 с.
2. Saifilter: веб-сайт. URL: <https://www.saifilter.com/products/stainless-steel-filter-elements/> (дата звернення: 15.04.2025)
3. TehnoParts: веб-сайт. URL: <https://teho-parts.com.ua/ua/d108g03b-filtrec-filtr-gidravlicheskii> (дата звернення: 15.04.2025)
4. Сіса О. Ф., Мірзак В. Я., Кислун О. А., Тупаленко Д. С. Удосконалення фільтра грубого очищення робочих рідин фільтрувальним елементом із металевої сітки. Центральнотуристський науковий вісник. Технічні науки: збірник наукових праць. Кропивницький, 2024. Вип. 10(41). Ч. 1. – С. 39-46
5. Боков В. М., Мірзак В. Я. Технологія холодного штампування. Курсове проєктування. Листове штампування. Навчальний посібник. – Кіровоград. Поліграфічно-видавничий центр ТОВ "Імекс-ЛТД". 2010. – 250 с.