



CONFERENCE ON FRONTIERS OF SCIENCE AND ENGINEERING • QATAR •

CHO'KMA HOSIL BO'LADIGAN SUSPENZIYALARNI FILTRLASH TENGLAMALARI

FILTERING EQUATIONS OF SUSPENSIONS WITH PRECIPITATION

Sh.S. Khojamberdiyeva

*Master's student, Institute of Engineering
Physics, Samarkand State University*

Abstract: This article analyzes the theoretical and practical foundations of the filtration process of sedimentary suspensions. The hydraulic resistance of the sediment layer formed as a result of the retention of solid particles in the suspension on the filter barrier during the filtration process, the resistance of the filter barrier, and the effect of the pressure difference on the process speed are studied. The main differential and integral equations of filtration are presented, and the dependence of sediment resistance on the mass and filter surface is mathematically expressed. Also, the effect of filtration under constant pressure, filtration under variable pressure, and sediment compressibility on the process efficiency is analyzed. The importance of filtration equations in the chemical, food, pharmaceutical, oil and gas, and other industries is shown.

Keywords: suspension, sediment, filtration, filter barrier, filter resistance, hydraulic resistance, pressure difference, filtration speed, sediment layer thickness, specific resistance.

Annotatsiya: Mazkur maqolada cho'kma hosil qiluvchi suspenziyalarni filtrlash jarayonining nazariy va amaliy asoslari tahlil qilinadi. Filtrlash jarayonida suspenziya tarkibidagi qattiq zarrachalarning filtr to'sig'ida ushlanib qolishi natijasida hosil bo'ladigan cho'kma qatlaminig gidravlik qarshiligi, filtr to'sig'ining qarshiligi hamda bosimlar farqining jarayon tezligiga ta'siri o'rganiladi. Filtrlashning asosiy differensial va integral tenglamalari keltirilib, cho'kma qarshiliginig massa miqdori va filtr yuzasiga bog'liqligi matematik jihatdan ifodalanadi. Shuningdek, doimiy bosim ostida filtrlash, o'zgaruvchan bosim sharoitida filtrlash va cho'kma siqiluvchanligining jarayon samaradorligiga ta'siri tahlil qilinadi. Filtrlash tenglamalarining kimyo, oziq-ovqat, farmatsevtika, neft-gaz va boshqa sanoat tarmoqlaridagi ahamiyati ko'rsatib beriladi.



CONFERENCE ON FRONTIERS OF SCIENCE AND ENGINEERING QATAR

Kalit soʻzlar: suspenziya, choʻkma, filtrlash, filtr toʻsigʻi, filtr qarshiligi, gidravlik qarshilik, bosimlar farqi, filtrlash tezligi, choʻkma qatlamining qalinligi, solishtirma qarshilik.

Sanoat texnologiyalarida suspenziyalarni qattiq va suyuq fazalarga ajratish muhim texnologik jarayonlardan biri hisoblanadi. Suspenziya tarkibida suyuqlik muhitida tarqalgan qattiq zarrachalar mavjud boʻlib, ularni ajratish uchun choʻktirish, sentrifugalash, filtrlash va boshqa mexanik usullardan foydalaniladi. Ushbu jarayonlar orasida filtrlash qattiq zarrachalarni nisbatan yuqori darajada ajratish, jarayonni uzluksiz tashkil etish va mahsulot sifatini nazorat qilish imkoniyatlari bilan ajralib turadi.

Choʻkma hosil boʻladigan suspenziyalarni filtrlash jarayonida qattiq zarrachalar filtr toʻsigʻi yuzasida yoki uning gʻovaklarida ushlanib qoladi. Natijada filtr yuzasida vaqt oʻtishi bilan choʻkma qatlami hosil boʻladi. Ushbu qatlamning qalinligi ortishi bilan suyuqlikning filtr orqali oʻtishiga koʻrsatiladigan qarshilik ham ortadi. Shu sababli jarayonning boshlangʻich bosqichida filtrlash tezligi yuqori boʻlsa, choʻkma qatlamining qalinlashishi natijasida u asta-sekin kamayadi.

Filtrlash jarayonining matematik tavsifi gidrodinamikaning asosiy qonunlariga asoslanadi. Ayniqsa, bosimlar farqi, filtr toʻsigʻining qarshiligi, choʻkma qatlamining solishtirma qarshiligi va filtr yuzasining kattaligi jarayonning asosiy parametrlarini belgilaydi.

1. Choʻkma hosil qiluvchi suspenziyalarni filtrlashning fizik mohiyati

Filtrlash — suspenziya tarkibidagi qattiq zarrachalarni gʻovakli filtr toʻsigʻi yordamida suyuq fazadan ajratish jarayonidir. Jarayon davomida suyuqlik filtr toʻsigʻidan oʻtadi, qattiq zarrachalar esa filtr yuzasida ushlanib qoladi va choʻkma qatlamini hosil qiladi.

Filtrlash jarayonini shartli ravishda uch bosqichga ajratish mumkin:

1. suspenziyaning filtr yuzasiga kelishi;
2. suyuqlikning filtr gʻovaklari orqali oʻtishi va qattiq zarrachalarning ushlanib qolishi;
3. filtr yuzasida choʻkma qatlamining shakllanishi va uning qalinlashishi.

Filtrlash jarayonining harakatlantiruvchi kuchi filtrning ikki tomonidagi bosimlar farqidir:

CONFERENCE ON FRONTIERS OF SCIENCE AND ENGINEERING • QATAR •

$$[\Delta P = P_1 - P_2]$$

bu yerda:

ΔP — bosimlar farqi, Pa;

P_1 — suspenziya tomonidagi bosim, Pa;

P_2 — filtrat tomonidagi bosim, Pa.

Bosimlar farqi qancha katta bo'lsa, boshqa shartlar o'zgarmagan holda, suyuqlikning filtr orqali harakatlanish tezligi shuncha yuqori bo'ladi. Biroq cho'kma siqiluvchan bo'lgan hollarda bosimning haddan tashqari oshirilishi uning g'ovakligini kamaytirib, filtrlash qarshiligini sezilarli darajada oshirishi mumkin.

2. Filtrlash jarayonining asosiy tenglamasi

Filtrlash jarayonini tavsiflashda Darsi qonuni asosiy nazariy asoslardan biri hisoblanadi. Unga ko'ra, filtr orqali suyuqlikning o'tish tezligi bosimlar farqiga to'g'ri, umumiy qarshilikka esa teskari proporsional:

$$\left[\frac{dV}{Fdt} = \frac{\Delta P}{\mu(R_f + R_c)} \right]$$

bu yerda:

V — filtrat hajmi, m³;

F — filtr yuzasi, m²;

t — filtrlash vaqti, s;

μ — filtratning dinamik qovushqoqligi, Pa·s;

R_f — filtr to'sig'ining qarshiligi, m⁻¹;

R_c — cho'kma qatlamining qarshiligi, m⁻¹.

Mazkur tenglama filtrlash jarayonining eng muhim tenglamalaridan biri bo'lib, jarayon tezligiga ta'sir qiluvchi asosiy omillarni o'zaro bog'laydi.

Filtr to'sig'ining qarshiligi dastlab deyarli o'zgarmaydi. Biroq cho'kma qatlamining qarshiligi vaqt davomida ortib boradi. Shu sababli filtrlash jarayonining davom etishi bilan umumiy qarshilik oshadi va filtrlash tezligi pasayadi.

Cho'kma qarshiligini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$[R_c = \alpha \frac{m_c}{F}]$$

bu yerda:

α — cho'kmaning solishtirma qarshiligi, m/kg;

m_c — filtr yuzasida hosil bo'lgan quruq cho'kma massasi, kg.

Agar suspenziyadagi qattiq moddaning massa konsentratsiyasi C bo'lsa, filtrat hajmi bilan cho'kma massasi orasidagi bog'lanish:

CONFERENCE ON FRONTIERS OF SCIENCE AND ENGINEERING QATAR

$[m_c = CV]$

ko'rinishida yoziladi.

Shunda cho'kma qarshiligi:

$[R_c = \alpha \frac{CV}{F}]$

bo'ladi.

Bu tenglama filtrlash jarayonining asosiy xususiyatini ko'rsatadi: filtrat hajmi ortishi bilan cho'kma massasi va demak, cho'kmaning gidravlik qarshiligi ham ortadi.

3. Doimiy bosim ostida filtrlash tenglamasi

Sanoat filtrlarida ko'pincha jarayon doimiy bosimlar farqi ostida amalga oshiriladi. Bunday sharoitda yuqoridagi tenglama:

$[\frac{dV}{dt} = \frac{F \Delta P}{\mu (R_f + \alpha CV/F)}]$

ko'rinishini oladi.

Tenglamani integrallash natijasida:

$[t = \frac{\mu \alpha C}{2F^2 \Delta P} V^2 + \frac{\mu R_f}{F \Delta P} V]$

ifodasi hosil bo'ladi.

Ushbu tenglama doimiy bosim ostida ishlaydigan filtrlash qurilmalarini hisoblashda muhim ahamiyatga ega.

Tenglamani boshqa ko'rinishda ham yozish mumkin:

$[\frac{t}{V} = \frac{\mu \alpha C}{2F^2 \Delta P} V + \frac{\mu R_f}{F \Delta P}]$

Bu ifoda tajriba natijalarini qayta ishlash uchun ayniqsa qulay. Agar t/V qiymati V ga bog'liq ravishda grafikda tasvirlansa, nazariy jihatdan to'g'ri chiziqli hosil bo'ladi. Grafikning qiyaligi orqali cho'kmaning solishtirma qarshiligi, ordinata bilan kesishish nuqtasi orqali esa filtr to'sig'ining qarshiligi aniqlanishi mumkin.

4. Cho'kma qatlaminin qarshiligi va uning xususiyatlari

Filtrlash jarayonida cho'kma qatlaminin qarshiligi asosiy omillardan biri hisoblanadi. Cho'kmaning qarshiligi uning qalinligi, g'ovakligi, zarracha o'lchami, zarrachalarning shakli va siqiluvchanlik darajasiga bog'liq.

Qattiq zarrachalar yirik va g'ovak tuzilishga ega bo'lsa, hosil bo'lgan cho'kma suyuqlikni nisbatan oson o'tkazadi. Bunday cho'kmalarning solishtirma qarshiligi kichik bo'ladi. Mayda dispers zarrachalardan tashkil topgan cho'kmalarda esa g'ovaklar juda kichik bo'lgani sababli suyuqlik harakatiga qarshilik yuqori bo'ladi.

Cho'kmaning solishtirma qarshiligi quyidagi empirik bog'lanish bilan ifodalanishi mumkin:

CONFERENCE ON FRONTIERS OF SCIENCE AND ENGINEERING QATAR

$$[\alpha = \alpha_0 (\Delta P)^s]$$

bu yerda:

α_0 — doimiy koeffitsiyent;

s — choʻkmaning siqiluvchanlik koʻrsatkichi.

Siqiluvchan boʻlmagan choʻkmalarda $s \approx 0$, yaʼni bosimning oshishi choʻkmaning solishtirma qarshiligini sezilarli darajada oʻzgartirmaydi.

Siqiluvchan choʻkmalarda esa $s > 0$ boʻlib, bosim oshishi bilan choʻkma zichlashadi, uning gʻovakligi kamayadi va filtrlash qarshiligi ortadi.

Shu sababli amaliy jarayonlarda bosimni shunchaki oshirish har doim ham filtrlash unumdorligini oshirmaydi. Muayyan sharoitda bosimning ortishi choʻkma qatlamining zichlashishi hisobiga filtrat oqimini kamaytirishi mumkin.

5. Filtrlash tezligiga taʼsir etuvchi omillar

Choʻkma hosil qiluvchi suspenziyalarni filtrlash samaradorligiga bir qator texnologik parametrlar taʼsir koʻrsatadi.

Birinchi navbatda, **bosimlar farqi** filtrlashning harakatlantiruvchi kuchini belgilaydi. Bosimlar farqining ortishi suyuqlikning filtr orqali oʻtishini tezlashtiradi. Biroq yuqorida taʼkidlanganidek, siqiluvchan choʻkmalarda bosimning ortishi choʻkma qarshiligining oshishiga olib kelishi mumkin.

Ikkinchi muhim omil — **filtr yuzasi**. Filtr yuzasining kattalashishi bir xil miqdordagi suspenziyani qisqaroq vaqt ichida qayta ishlash imkonini beradi. Shu sababli sanoat filtrlarini loyihalashda filtr yuzasini toʻgʻri tanlash muhim hisoblanadi.

Uchinchi omil — **filtratning qovushqoqligi**. Qovushqoqlikning ortishi suyuqlikning filtr gʻovaklari orqali harakatlanishiga qarshilikni oshiradi. Shu sababli haroratning oshishi natijasida koʻplab suyuqliklarning qovushqoqligi kamayishi filtrlash tezligini oshirishi mumkin.

Toʻrtinchi omil — **qattiq zarrachalarning oʻlchami va shakli**. Yirik zarrachalar odatda yuqori gʻovakli choʻkma hosil qiladi. Juda mayda zarrachalar esa zich va gidravlik qarshiligi yuqori boʻlgan qatlamni shakllantiradi.

Beshinchi omil — **choʻkmaning siqiluvchanligi**. Ushbu xususiyat ayniqsa yuqori bosimli filtrlash jarayonlarida katta ahamiyatga ega.

6. Filtrlash tenglamalarining amaliy ahamiyati

Filtrlash tenglamalaridan foydalanish orqali sanoat qurilmalarining asosiy texnologik parametrlarini aniqlash mumkin. Jumladan, maʼlum hajmdagi suspenziyani

CONFERENCE ON FRONTIERS OF SCIENCE AND ENGINEERING QATAR

belgilangan vaqt ichida filtrlash uchun zarur bo'lgan filtr yuzasi, filtrat miqdori, jarayon davomiyligi va optimal bosimlar farqi hisoblanadi.

Masalan, doimiy bosim ostida filtrlash tenglamasi:

$$[t=\frac{\mu\alpha C}{2F^2\Delta P}V^2+\frac{\mu R_f}{F\Delta P}V]$$

orqali filtr yuzasini aniqlash mumkin. Ushbu tenglama bo'yicha F oshirilganda filtrlash uchun talab qilinadigan vaqt kamayadi. Boshqa tomondan, cho'kmaning solishtirma qarshiligi va suspenziyadagi qattiq faza konsentratsiyasi ortishi filtrlash jarayonini sekinlashtiradi.

Filtrlash qurilmasini tanlashda faqat nazariy hisoblashlar emas, balki tajribaviy ma'lumotlardan ham foydalanish maqsadga muvofiq. Chunki real suspenziyalarda zarrachalarning shakli, agregatsiyasi, cho'kmaning siqiluvchanligi va filtr materialining tuzilishi nazariy modeldan farq qilishi mumkin.

Shu nuqtayi nazardan, laboratoriya sharoitida olingan $t-V$ yoki $t/V-V$ bog'lanishlari sanoat qurilmalarini hisoblash uchun muhim boshlang'ich ma'lumot hisoblanadi.

Xulosa

Cho'kma hosil qiluvchi suspenziyalarni filtrlash qattiq va suyuq fazalarni ajratishning muhim mexanik usullaridan biri bo'lib, uning samaradorligi bir qator gidrodinamik va fizik-kimyoviy omillarga bog'liq. Filtrlash jarayonining asosiy harakatlantiruvchi kuchi filtrning ikki tomonidagi bosimlar farqi bo'lsa, jarayonga qarshilik filtr to'sig'i va hosil bo'layotgan cho'kma qatlamidan tashkil topadi.

Filtrlash jarayonining matematik modeli Darsi qonuniga asoslanadi. Cho'kma hosil bo'lishi bilan uning qarshiligi ortib boradi va natijada filtrlash tezligi kamayadi. Doimiy bosim ostida filtrlash uchun olingan integral tenglama sanoat filtrlarini hisoblash, ularning ish unumdorligini baholash va optimal texnologik rejimlarni tanlash imkonini beradi.

Cho'kmaning solishtirma qarshiligi filtrlash jarayonining asosiy ko'rsatkichlaridan biri bo'lib, u zarrachalarning o'lchami, shakli, cho'kmaning g'ovakligi va siqiluvchanligiga bog'liq. Ayniqsa, siqiluvchan cho'kmalarda bosimni oshirishning ijobiy ta'siri cheklangan bo'lib, ma'lum chegaradan keyin cho'kmaning zichlashishi natijasida filtrlash qarshiligi ortishi mumkin.

Shunday qilib, cho'kma hosil qiluvchi suspenziyalarni filtrlash tenglamalarini chuqur o'rganish va amaliy hisoblashlarda qo'llash kimyo, oziq-ovqat, farmatsevtika,



CONFERENCE ON FRONTIERS OF SCIENCE AND ENGINEERING • QATAR •

neft-gaz, togʻ-kon va boshqa sanoat tarmoqlarida filtrlash qurilmalarining samaradorligini oshirish uchun muhim nazariy va amaliy asos boʻlib xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar roʻyxati

1. McCabe W.L., Smith J.C., Harriott P. Unit Operations of Chemical Engineering. – New York: McGraw-Hill, 2005.
 2. Geankoplis C.J. Transport Processes and Separation Process Principles. – New Jersey: Prentice Hall, 2003.
 3. Coulson J.M., Richardson J.F. Chemical Engineering, Volume 2: Particle Technology and Separation Processes. – Oxford: Butterworth-Heinemann.
 4. Perry R.H., Green D.W. Perry's Chemical Engineers' Handbook. – New York: McGraw-Hill.
 5. Treybal R.E. Mass-Transfer Operations. – New York: McGraw-Hill.
 6. Bird R.B., Stewart W.E., Lightfoot E.N. Transport Phenomena. – New York: John Wiley & Sons.
 7. Foust A.S., Wenzel L.A., Clump C.W., Maus L., Andersen L.B. Principles of Unit Operations. – New York: John Wiley & Sons.
- 

