

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
Energiatehnoloogia instituut

Laboratoorne töö õppeaines
KAT0125 Rakenduslik vedelike ja gaaside voolamine
keskkonnakaitse tehnoloogiates

MEHAANILINE SEGISTI

Tallinn
2019

1. SISSEJUHATUS

Tööstuses kasutatakse segamist suspensioonide ja emulsioonide saamiseks, soojusvahetuse ning massivahetuse intensiivistamiseks (nt tahkete ainete lahustamisel jm).

Segamise meetodid ja aparatuuri valik sõltuvad segamise eesmärgist ja segatavate materjalide agregaatolekust.

Üks segamise meetoditest on mehaaniline segamine. Mehaanilisel segamisel kasutatakse erinevate konstruktsioonidega segisteid.

Segisti võimsus

Segistite projekteerimisel on oluline teada segisti tööks vajalikku võimsust. Kuna antud süsteemi jaoks pole võimalik teoreetiliselt leida vajalikku võimsust, siis määratakse vajalik võimsus empiiriliste seoste abil. Tarbitav võimsus sõltub vedeliku tihedusest ja viskoossusest, segisti pöörete arvust ja segisti diameetrist, hüdrodünaamilisest režiimist ning segamisseadme ja segisti tüübist.

Tihti kasutatakse nn erivõimsuse mõistet. Erivõimsus on rakendatav võimsus 1 m³ või ühe kg segatava materjali kohta, W/m³ või W/kg.

Hüdrodünaamilist režiimi (s.o turbulentsi olemasolu või puudumist) hinnatakse Re arvuga

$$Re = \frac{D_s^2 n \rho}{\mu}, \quad (1)$$

kus D_s on segisti diameeter, n on segaja pöörete arv, 1/s, ρ on segatava vedeliku tihedus, kg/m³, μ on vedeliku viskoossus, Pa s.

Kui $Re < 10$, on segamisanumates laminaarne liikumine, kui $Re > 50$, siis turbulentne liikumine.

Vajalik võimsus N leitakse võimsusteguri K_N kaudu

$$K_N = \frac{N}{\rho n^3 D_s^5}, \quad (2)$$

Võimsustegur sõltub Re arvust ja segisti geomeetriast ning esitatakse sageli graafiliselt

$$K_N = f(Re, \Gamma). \quad (3)$$

kus Γ on kompleks, mis võtab arvesse seadme geomeetrilisi suurusid,

$$\Gamma = D_a/D_s, \Gamma_1 = b/D_s, \Gamma_H = H_s/D_s,$$

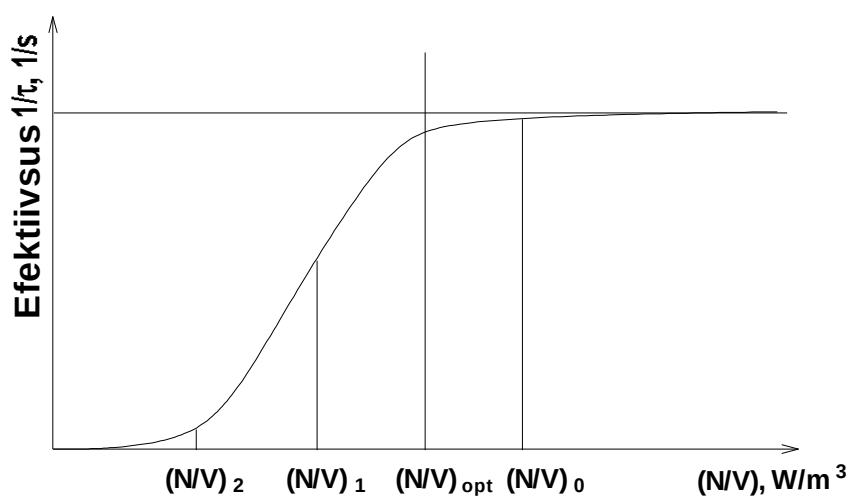
kus D_a on anuma diameeter, b on laba laius, H_s on vedelikukihi kõrgus.

Segisti efektiivsus

Segistite tööd iseloomustatakse segamise efektiivsusega.

Segamise efektiivsust võib väljendada erinevalt, nt püsiva suspensiooni või emulsiooni tekkimiseks vajaliku aja kaudu, lahustumise kiirusega jne.

Üldiselt segisti erivõimsuse suurendamisel segamise efektiivsus suureneb. Kuid teatud tarbitava võimsuse korral saavutatakse praktiliselt maksimaalne efektiivsus st võimsuse edasine suurendamine segamise efektiivsust ei tõsta (Joonis 1). Seega on otstarbekas töötada segistiga kasutades optimaalset võimsust.



Joonis 1. Segamise efektiivsuse sõltuvus tarbitavast erivõimsusest

TÖÖ EESMÄRK

2.1. Tutvuda segisti tööga vedelike segamisel

2.2. Leida võimsusteguri sõltuvus Re arvust

st määrata sõltuvuse $K_N = A Re^m$ jaoks kordaja A ja astendaja m

2.3. Määrata segisti optimaalne tarbitav võimsus soola lahustamisel.

3. KATSESEADME KIRJELDUS

Katseseadme skeem on esitatud Joonisel 2. Katseseade koosneb silindrilisest ümardatud põhjaga segamisanumast, millel on neli peegeldit, ja vahetatavast segistist. Segisti on kinnitatud rippuvale võllile. Võlli paneb pöörlema mootor; võll on mootoriga ühendatud ülekandemehhanismi abil. Seadme juurde kuuluvad sisse- ja väljavooluliinid ning mõõteriistad.

Anuma põhi on ümardatud, et vältida teravaid nurki ja piirkondi, millesse vedeliku vood ei tungi. Segisti (impeller) tekitab mingi kindla voolamise struktuuri süsteemis, pannes vedeliku anumasse tsirkuleerima. Peegeldid on anumasse vedeliku lehtri tekkimise vältimiseks.

Katseseadme olulised geomeetrilised mõõtmed on järgmised:

- anuma diameeter $D = 210$ mm,
- peegeldite laius $0,1 D$,
- peegeldite arv 4,
- turbiinsegisti diameeter $D_s = \dots$,
- turbiini labade arv

Vedelikukihi kõrgus H peab olema võrdne anuma diameetriga $H = D$.

Vedeliku segamiseks tarbitav võimsus leitakse kui segisti poolt tarbitava koguvõimsuse ja tühikäiguvõimsuse vahe. Viimane tarbitakse lagrite hõõrdumisest tingitud takistuse ületamiseks ning määratakse segisti töötamisel ilma vedelikuta.

Koguvõimsuse määramine

Segamisanum täidetakse veega ning segisti (nt turbiinsegisti) lastakse vette. Segisti käivitatakse ning reguleeritakse välja etteantud pöörete arv. Pärast süsteemi stabiliseerumist mõõdetakse elektrilise mõõteriistaga võimsus. Mõõtmist korratakse erinevate pöörete arvu juures (piirkonna annab ette õppejõud).

Tühikäiguvõimsuse määramine:

Segisti tõstetakse veest välja. Segisti käivitatakse ning reguleeritakse välja sama pöörete arv, mille juures mõõdeti koguvõimsust. Pärast süsteemi stabiliseerumist mõõdetakse elektrilise mõõteriistaga võimsus.

Mõõtmis- ja arvutustulemused esitatakse Tabelis 1.

Tabel 1. Segamiseks tarbitava võimsuse määramine

Pöörete arv, 1/min	Kogu-võimsus, W	Tühi-käigu-võimsus, W	Segamise võimsus, W	Vee temperatuur, °C	Vee tihedus, kg/m ³	Vee viskoossus, Pa s	K_N	Re

Sõltuvuse $K_N = A Re^m$ jaoks kordaja A ja astendaja määratakse graafiliselt (näiteks Exceli abil).

4.3. Segisti optimaalse tarbitava võimsuse leidmine soola lahustamisel

Soola lahustamisel võib segamise efektiivsust väljendada lahustumise kiirusega. Lahustamise kiirus – ajaühikus ühikulises mahus lahustatud aine hulk – leitakse järgmise valemiga

$$W = \frac{G}{\tau V} \quad , \quad (4)$$

kus G on lahustatud aine hulk, kg, τ - lahustamise aeg, V - lahuse maht, m³.

Optimaalne segamise efektiivsus määratakse lahustamise efektiivsuse (s.o lahustamise kiiruse) ja võimsuse vahelise sõltuvuse $W=f(N)$ järgi (Joonis 1).

Selleks tuleb katseliselt määrata lahustamise kiirus erinevate võimsuste (segaja pöörete arvu) korral.

Lahustamise kiiruse katseline määramine

Segamisanum täidetakse veega ning segisti lastakse vette. Segisti käivitatakse ning reguleeritakse välja etteantud pöörete arv. Pärast süsteemi stabiliseerumist registreeritakse võimsus, lisatakse vette naatriumkloriidi (NaCl) kaalutis (15 g) ning samal hetkel käivitatakse stopper. Registreeritakse lahuse elektrilise juhtivuse muutumist ajas. Kui kogu sool on lahustunud (juhtivus enam ei muutu), lõpetatakse katse, lahus viiakse anumast sifooni abil välja. Mõõtmist korratakse erinevate pöörete arvu juures (piirkonna annab ette õppejõud).

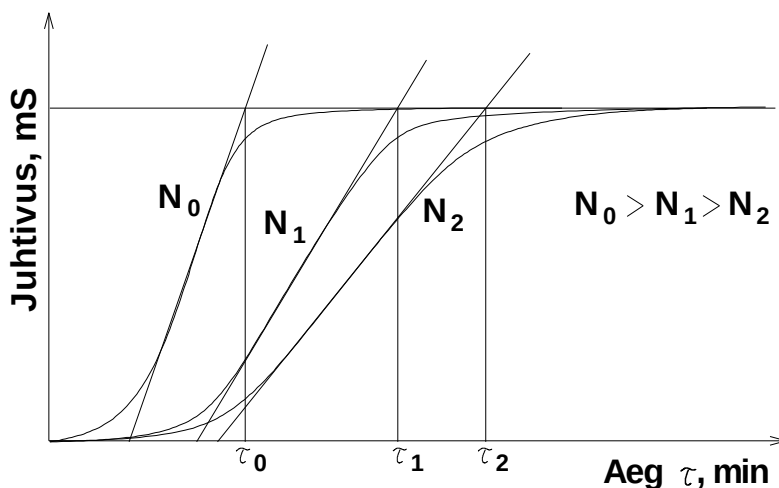
NB! Soola kui elektrolüüdi lahustumist hinnatakse juhtivuse abil – soola lahustumisel soola kontsentratsioon lahuses suureneb ning lahuse elektriline juhtivus suureneb. Seega tuleb soola lahustumise määramiseks mõõta lahuse elektrilise juhtivuse muutumist ajas.

Katsest saadud andmed ning arvutuste tulemused esitatakse Tabelis 2.

Tabel 2. Segisti optimaalse võimsuse määramine

Nr	Pöörete arv, 1/s	Võimsus, W	Aeg, min	Juhtivus, mS	Lahustatud aine hulk, kg	Lahustamise aeg, s
1.						
2.						
jne						

Katsetulemused esitatakse ka joonisel (Joonis 2), millelt saadakse lahustumise ajad τ erinevatel võimsustel. Seejärel saadakse graafiline segamise efektiivsuse sõltuvus erivõimsusest $1/\tau = f(N/V)$ (vt Joonis 1), millelt leitakse optimaalne erivõimsus $(N/V)_{opt}$.



Joonis 2. Lahuse juhtivuse sõltuvus lahustumise ajast

5. TULEMUSTE ESITAMINE

Töö protokollis peavad olema järgmised osad:

- töö ülesanne,
- katseseadme skeem,
- katseandmed ja arvutused:

Tabel 1 ja 2, koos selgituste ja arvutusnäidetega,

Sõltuvused $K_N = A Re^m$ ja $W = f(N)$ esitada ka graafiliselt.

Võrrelda katsest saadud sõltuvust $K_N = A Re^m$ kirjanduses esitatud sõltuvusega [1, 2].

- kokkuvõte:
näidata töö põhilised tulemused ja teha järeldused katse tulemustest.

KIRJANDUS:

1. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1971. 784 с.
2. Павлов К. Ф., Романков П. Г., Носков А. А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Л.: Химия, 1987. 567 с.
4. W.L.McCabe, J.C.Smith, P.Harriot. Unit Operations of Chemical Engineering. 5th ed., 1993

Tabel 1. Segamiseks tarbitava võimsuse määramine

[illegible]

[illegible]

