

Rheologiens principper

De rheologiske grundprincipper og anvendelse af rheologisk apparatur

Version VI



Indholdsfortegnelse

Indledning	Side 3
Symbolfortegnelse	Side 3
Hvor anvendes rheologi	Side 3
Rheologiens grundlag	Side 4
Begreber	Side 4
Kvalitativ og grafisk fremstilling af reelle mediers rheologiske adfærd (flydeadfærd)	Side 6
Newtoniske medier	Side 6
Ikke-newtoniske medier	Side 6
Tidsuafhængige medier	Side 6
Pseudoplastiske medier	Side 7
Dilatante medier	Side 8
Plastiske medier	Side 9
Thixotrope medier	Side 10
Rheopekse medier	Side 11
Indflydelsesfaktorer på de rheologiske egenskaber	Side 12
Definerede målebetingelser	Side 13
Rheologisk måleudstyr	Side 14
Måleprincipper og eksempler på anvendelse	Side 14
Viskosimeter til online brug i produktionsprocessen	Side 20
Anvendelseseksempel for industriviskosimetre	Side 20
Viskositetsregulering af farver og lak	Side 21
Viskositetsovervågning ved kunstfiberproduktion	Side 22
Forædling af chokolademasse	Side 23
Checkliste til valg af det bedst egnede viskosimeter	Side 23
Viskositetsmåling	Side 24
Rheometer	Side 24
Viskosimetre	Side 25
Rutine viskosimetre	Side 26
Tilbehør	Side 27
Tekstur	Side 28
Powder flow	Side 29
Service	Side 30



Indledning

Denne håndbog gennemgår kort de rheologiske grundprincipper og anvendelsen af rheologiske måleapparater (viskosimetre). Efter hvert afsnit er der en sammenfatning af begreberne samt eksempler og checkliste til valg af viskosimeter.

Symbolfortegnelse

τ (Tau)	Forskydningsspænding (shear stress)
γ (Gamma)	Deformation
$\dot{\gamma}$	Forskydningstal (hastighed) (shear rate)
η (Eta)	Dynamisk viskositet
ν (Nu)	Kinematisk viskositet
ρ (Rho)	Massefylde
G	Elasticitetsmodul
F	Kraft
A	Flade
s	Forskydning, vej
h	Afstand
v	Hastighed
t	Tid

Hvor anvendes rheologi?

Rheologi (flydekendskab eller læren om flydeadfærd) er et delområde inden for fysikken og befatter sig med deformation og flydeevne hos flydende og faste legemer. Rheologiske egenskaber (flydeegenskaber) er altså værdier som karakteriserer deformations-reaktionen af disse legemer ved påvirkning af ydre kræfter. Kendskabet til de rheologiske egenskaber af forarbejdede substanser er nødvendig til:

- Kvalitetskontrol og -sikring af løbende produktion, f.eks. overvågning af polymerisation, overvågning af kvaliteten af farver, creme og pasta, kontrol af råstoffer og halvfabrikata i levnedsmiddelindustrien m.m.
- Ændring af de rheologiske egenskaber i produktet medfører større accept hos forbrugeren, f.eks. modning af yoghurt, jævning af sauce, forædling af chokolade.
- Udvikling af produkter med nye egenskaber, f.eks. medier som er tyndtflydende til fast ved tilføring af et elektrisk eller magnetisk felt, til anvendelse i koblinger eller dæmpere.
- Grundlags- og strukturundersøgelser til opklaring af bl.a. molekyllære og interpartikulære vekselvirkninger.
- Fastlæggelse og målrettet ændring af de rheologiske egenskaber (først og fremmest viskositeten) muliggør optimal konstruktion af produktionsmetoder, effektivisering af proceskontrol og -styring samt opnåelse af en højere accept af produktet hos forbrugeren.
- Optimal udlægning og udformning af anlæg, f.eks. rørledninger, pumper, presser, valser, dyser, coatingsanlæg, blandedanlæg m.m.



Rheologiens grundlag

Begreber

Fra fysikkens verden er det kendt, at et vilkårligt stof reagerer på en mekanisk påvirkning (kraftindvirkning) med en deformation. To grænsetilfælde kan være forskellige:

Elastisk deformation

Den tilførte spænding (kraftpåvirkning) bevirker en øjeblikkelig deformation (stofpartiklerne forskydes i forhold til hinanden). Denne deformation vedbliver så længe belastningen holdes. Ved fjernelse af belastningen ophæves deformationen helt (stofpartiklerne indtager atter deres oprindelige pladser).

Anskueliggørelse af den elastiske deformation via et elastisk legeme.

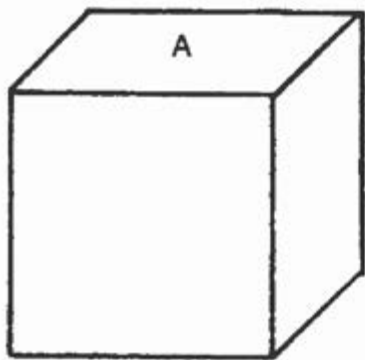


Fig. 1A: Elastisk legeme uden kraftindvirkning

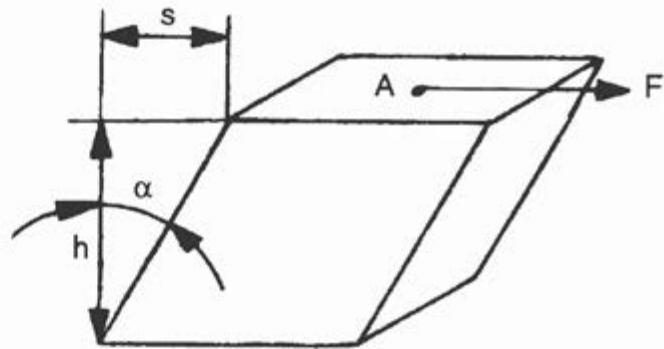


Fig. 1B: Elastisk legeme ved påvirkning af kraft F

Den øverste flade A påvirkes af kraften F. Den øverste flade forskydes med stykket s. Kvotienten af kraft F og flade A hedder forskydningspænding τ .

- $\tau = F/A$ Enhed: $N/m^2 = Pa$

Kvotienten af forskydning s og afstand h hedder deformation γ

- $\gamma = s/h = \tan \alpha$

Deformationen er dimensionsløs

Kvotienten af forskydningspænding τ og deformation γ er elasticitetsmodul G.

- $G = \tau/\gamma$ Enhed: Pa

Elasticitetsmodulet G er den karakteristiske værdi for rene elastiske legemer.

Viskos deformation

Den tilførte spænding (kraftpåvirkning) bevirker en stadig voksende deformation (flydeevne). Flydeevnen holder så længe belastningen bibeholdes.

Anskueliggørelsen af viskos deformation via 2-plade-modellen.

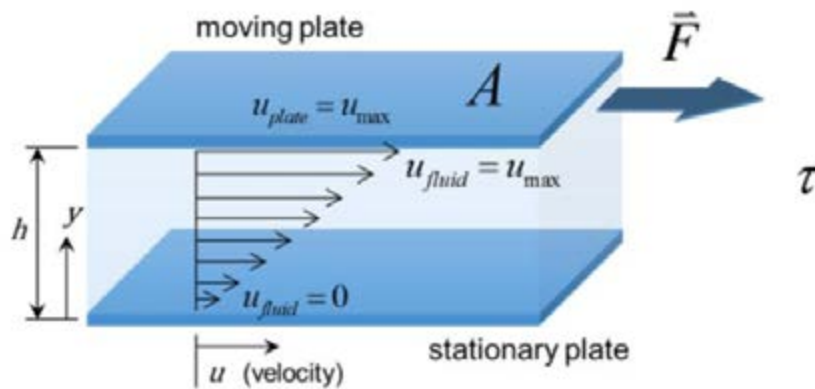


Fig 2: Hastighedsfordeling mellem en stillestående plade og en plade i bevægelse

Den øverste plade med fladen A påvirkes med kraften F . Den øverste plade bevæger sig med hastigheden v . Der opstår en laminar strømning. Kvotienten af hastighed v af den øverste plade og pladeafstanden h hedder forskydningshastighed γ .

- $\gamma = v/h$ Enhed: $m/sm = S^{-1}$

Forskydningshastigheden betegnes også som deformationshastighed, forskydningsfald eller forskydningsrate. I stedet for tegnet γ benyttes bogstavet D ofte. Kvotienten af forskydnings- spænding τ og forskydningsfald γ betegnes som dynamisk viskositet η .

- $\eta = \tau/\gamma$ Enhed: Pas (1 mPas = 1 cP)

Dette er et mål for et stofs indvendige gnidning ved laminare strømninger. Ved ideelle vis- kose væsker er stofkonstanten η kun afhængig af tryk og temperatur. Ved de fleste reelle væsker afhænger η også af forskydningsfald og belastningsvarighed (tid).

For flydefunktioner under indflydelse af tyngdekraften har den kinematiske viskositet betydning. Denne får man ved:

- $\nu = \eta/\rho$ (vægtfylde) Enhed: m^2/s (1 cSt = 1 mm²/s)

Sammenhængen mellem forskydningspænding (shear stress) og forskydningsfald (shear rate) fremstilles grafisk i et diagram som en flydekurve (flydefunktion). Fremstillingen af viskositetens afhængighed af forskydningsfaldet (shear rate) betegner man som viskositets- kurven (viskositetsfunktion).

De vigtigste rheologiske begreber er deformation (relativ forskydning af et legemes partikler), forskydning spænding (shear stress) (kvotient af kraft og flade), forskydningsfald (shear rate) (deformationens tidsafledning) og viskositet (kvotient af forskydningspænding og forskydningsfald). De rheologiske egenskaber kan udledes af flydekurver (forskydningspænding over forskydningsfald eller omvendt) og viskositetskurver (viskositet over forskydningsfald).



Kvalitativ og grafisk fremstilling af reelle mediers rheologiske adfærd (flydeadfærd)

Newtonske medier

Ved en newtonsk væske er viskositeten en stofkonstant (uafhængig af forskydningshastigheden (shear rate)). Den afhænger kun af tryk og temperatur. Til denne stofklasse hører bl.a. vand, mineralske olier, opløsningsmidler og fortyndede opløsninger.

Newtonske væsker karakteriseres fuldstændigt ved angivelsen af viskositetsværdien.

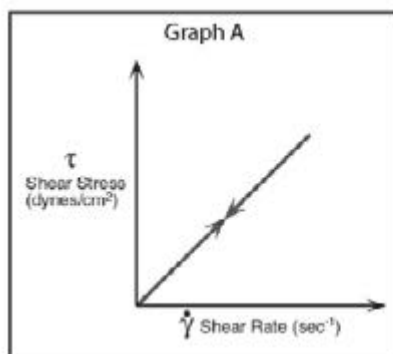


Fig. 3A: Flydekurve for en newtonsk væske

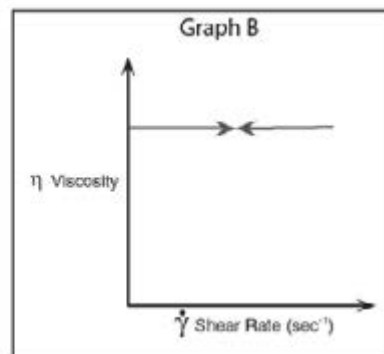


Fig. 3B: Viskositetskurve for en newtonsk væske

Ikke-newtonske medier

For et flertal af stoffer er viskositeten ikke en stofkonstant, men derimod afhængig af forskydningshastigheden (shear rate) (eller forskydningspændingen) (shear stress) og/eller varigheden af forskydningsbelastningen.

Tidsafhængige medier

Ved tidsafhængige medier forstås man stoffer, hvis rheologiske egenskaber er uafhængige af deformationsvarigheden. Flydeegenskaberne afhænger kun af belastningens størrelse.



Pseudoplastiske medier

Pseudoplastiske (strukturviskose) medier er kendetegnet ved en formindskelse af flydemodstanden ved forhøjelse af deformationshastigheden eller forskydningspændingen (shear stress). Den af værdiparret τ og $\dot{\gamma}$ beregnelige tilsyneladende viskositet aftager med tiltagende deformationshastighed eller forskydningspænding.

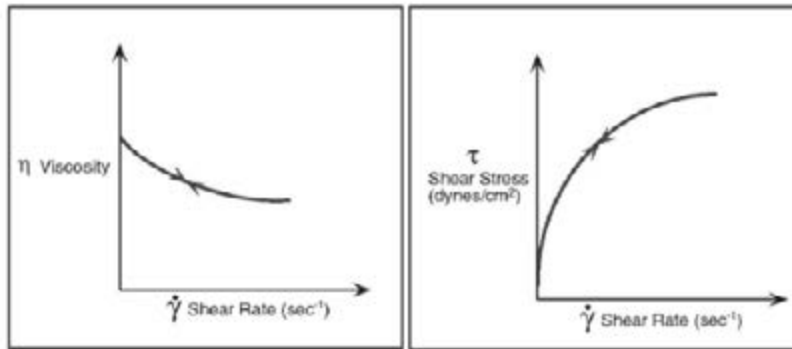


Fig. 4A: Flydekurve for en pseudoplastisk væske

Fig. 4B: Viskositetskurve for en pseudoplastisk væske

Formindskelsen af flydemodstanden med forhøjelsen af forskydningshastigheden (shear rate) fortolkes som ødelæggelse af væskens struktur og som orientering af strukturehederne (f.eks. molekylekæder, større partikler) i strømningsretningen.

Gennem begge mekanismer (strukturødelæggelse og orientering) forringes de enkelte flydeenheders indre flydemodstand mod hinanden.

Mange reelle stoffer opfører sig pseudoplastisk, f.eks. koncentrerede opløsninger, smeltninger, harpiks, suspensioner, pasta o.s.v.



Dilatante medier

Dilatante medier er kendetegnet ved en forhøjelse af flydemodstanden ved forhøjelse af forskydningshastigheden (shear rate) eller forskydningspændingen (shear stress).

"Viskositets" funktionen stiger med voksende $\dot{\gamma}$ eller τ .

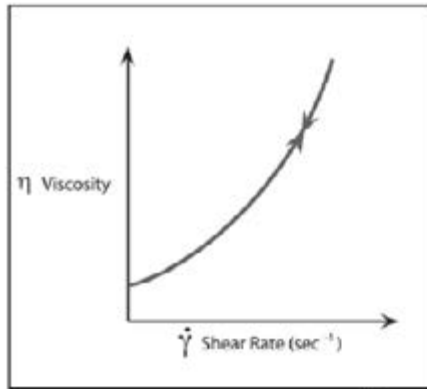


Fig. 5A: Flydekurve for en dilatant væske

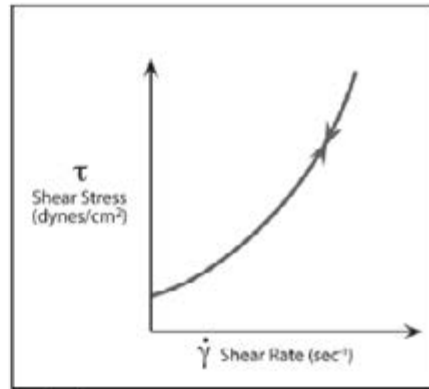


Fig. 5B: viskositetskurve for en dilatant væske

Forhøjelse af flydemodstanden ved stigende forskydningshastighed (shear rate) fortolkes som opbygningsmekanisme til en fastere struktur, eller ved dispenser medier, som en overfladeforstørrelse af de faste partikler gennem forskydningen. Overfladeforstørrelsen opstår gennem en adskillelse af agglomeratet (sammenklumpning af partikler).

Dermed opnås en omfordeling af væsken i suspensionen til den nydannede overflade. Ved koncentrerede suspensioner (ved væske-faststof blandinger iagttages først og fremmest dilatansen) er væskemængden ikke længere tilstrækkelig til at garantere en smørefilm mellem partiklerne og dermed stiger flydemodstanden.



Plastiske medier

Opfører en substans sig som et fast legeme ved små forskydningsbelastninger og lader det sig først deformere uigenkaldeligt efter opnåelse af en mindste forskydningssspænding (shear stress) τ_0 (yieldpoint), drejer det sig om et plastisk medie.

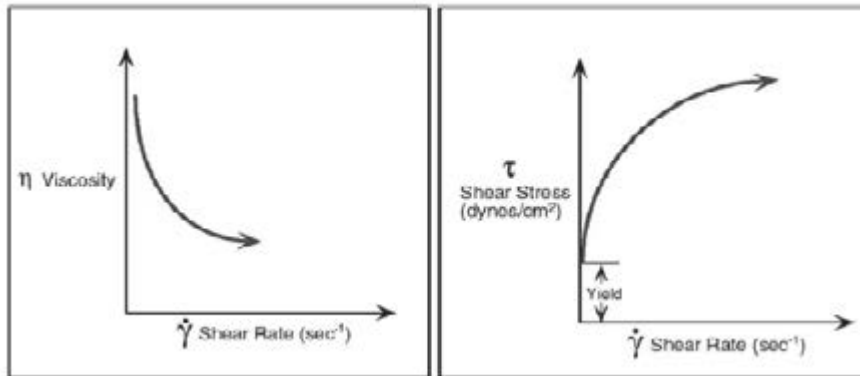


Fig. 6A: Flydekurve for plastiske væsker

Fig. 6B: Viskositetskurve for plastiske væsker

Forekomsten af en flydekurve fortolker man som endelig strukturfasthed, som opstår via kraften mellem flydeenhederne. Ved suspensioner kan det bevises, at den faste fase som en struktur udvikler (f.eks. korthusstruktur), ikke ødelægges ved en endelig belastning, men derimod udelukkende deformeres elastisk. Bryder den struktur sammen (ved forhøjelse af belastningen) deformerer mediet sig plastisk og begynder at flyde. Som årsag til ikke-linearitet i plastisk flydeevne betragter man atter den videre strukturødelæggelse og partikelorientering.

Fedt, voks, pasta, gel og farve besidder altid en flydegrænse.

Tidsafhængige medier

Under tidsafhængige medier forstår man stoffer hvis rheologiske egenskaber afhænger af både størrelsen og varigheden af påvirkningen.



Thixotrope medier

Thixotrope medier er kendetegnet ved aftagelse af viskositeten med tiltagende varig belastning. Efter afslutning af deformationsprocessen (forskydningspåvirkning = 0) opnår substansen efter endelig hviletid atter sin udgangstilstand (reversibel Gel-Sol-forandring). Anskuelige præsentationer af thixotrope mediers adfærd ses af hysteresekurver.

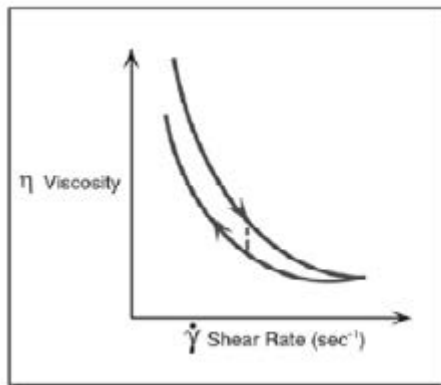


Fig. 7A: Flydekurve for en thixotrop væske (hysteresekurve)

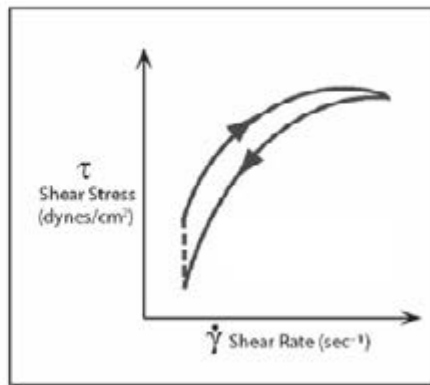


Fig. 7B: Viskositetskurve for en thixotrop væske

Den thixotrope adfærd fortolkes analogt med den pseudoplastiske, dog med den forskel at ødelæggelses- og orienteringsprocessen under deformationsforløbet afvikles i endelig tid. Dermed ligger forskellen mellem thixotrope og pseudoplastiske medier udelukkende i tidsrummet for ligevægtstilstanden mellem strukturoppbygelse og -ødelæggelse. Ved pseudoplastiske medier går tiden til opnåelse af ligevægten mod nul, mens den for thixotrope medier er endelig.

Til de mest kendte thixotrope stoffer hører bl.a. æggelikør, lak, klister og gylle.



Sæbe er typisk thixotrop



Plastmaling er typisk rheopeks

Rheopekse medier

Rheopekse medier viser med deformationsvarigheden t en stigende funktion $\eta(t)$ ved konstant forskydningshastighed (shear rate). Også ved disse stoffer er processen reversibel. Det betyder, at substanserne atter opnår deres udgangstilstand efter afslutning af deformationsprocessen.

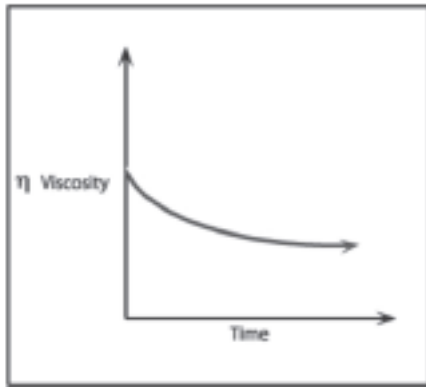


Fig. 8A: Flydekurve for en rheopeks væske (hystereseurve)



Fig. 8B: Viskositetskurve for en rheopeks væske

Rheopekse mediers adfærd svarer til dilatante medier, dog foregår ødelæggelses- og orienteringsprocessen af strukturerne i endelige intervaller. Meget creme og konfekturer udviser rheopeks adfærd i begrænsede temperatur- og forskydningshastighedsområder.

Viskoelastiske stoffer

Denne stofgruppe er karakteriseret ved en elastisk og en viskos komponent i den rheologiske adfærd. Under deformationsprocessen "forbruges" en del af den tilførte energi til den elastiske deformation (f.eks. af molekylekæder) og en del til den viskose deformation. Viskoelastiske mediers flydeadfærd kan anskueliggøres ved hjælp af en serieforbindelse af fjedre og dæmpere (Maxwell-modellen).

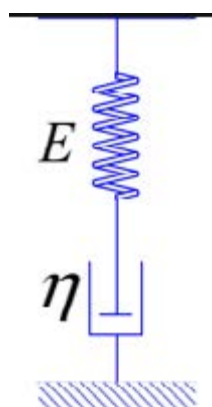


Fig. 9: Maxwell model af en viskoelastisk væske

Efter tilføjelsen af en konstant belastning bliver fjederelementet omgående deformeret. Størrelsen af den elastiske deformation afhænger af belastningen og elasticitetsmodulet. Det viskoelastiske stof flyder som en ren viskos, newtonsk væske. Ved fjernelse af belastningen "afspændes" fjederen atter.

Viskoelastiske medier er f.eks. plast smeltetmasse og tyggegummi.



Indflydelsesfaktorer på de rheologiske egenskaber

Stofegenskaber

Under dette begreb kan man sammenfatte mange parametre:

- Kemisk sammensætning
- Form og andel i forskellige faser (f.eks. frugtkødsdele i grøntsagssaft)
- Partikelstørrelsesfordeling, partikelform og -fordeling af de disperse partikler
- Overfladeaktive stoffer
- Forløb af videre reaktioner i substanser

Temperatur

De rheologiske egenskaber er meget temperaturafhængige. Selv en lille temperaturforøgelse kan føre til overproportional forringelse af viskositeten.

Således kan viskositeten af olie aftage med op til 20% ved en temperaturforøgelse på 1°C. Rheologiske undersøgelser fordrer derfor en måling og styring af temperaturen med 0,1°C nøjagtighed.

Forskydningsfald (shear rate)

Forskydningsfaldet er for de fleste reelle væsker af afgørende betydning for deres viskositet. Forhøjelse af forskydningsfaldet kan føre til både stigning og fald i viskositeten.

Tid

Hviletiden og belastningstiden i de enkelte forskydningsfaldsområder kan for de fleste reelle væskers vedkommende ikke negligeres.

Tryk

De fleste målinger bliver gennemført ved omgivende tryk svarende til anvendelsesområdet. At trykforøgelse fører til viskositetsforhøjelse skal man kun tage hensyn til ved ekstreme forhold (f.eks. boring i store dybder).





Definerede målebetingelser

Forudsætningen for enhver måling er definerede målebetingelser. Derfor er en række normer blevet udarbejdet. Formålet med disse normer er at fastlægge en definition af målebetingelserne for de tilsvarende viskosimetre.

I normerne fastlægges det nødvendige apparatur til viskositetsbestemmelse, forberedelse, gennemførelse samt analyse af målingerne.

Vigtige normer

- DIN 51 562 Ubbelohdeviskosimetre
- DIN 53 015 Kuglefaldsviskosimetre
- DIN 53 018 Rotationsviskosimetre
- DIN 53 019 Rotationsviskosimetre
- DIN 53 012 Kapillarviskosimetre

Rheologisk måleudstyr

Måleprincipper og eksempler på anvendelse

Kuglefaldsviskosimetre

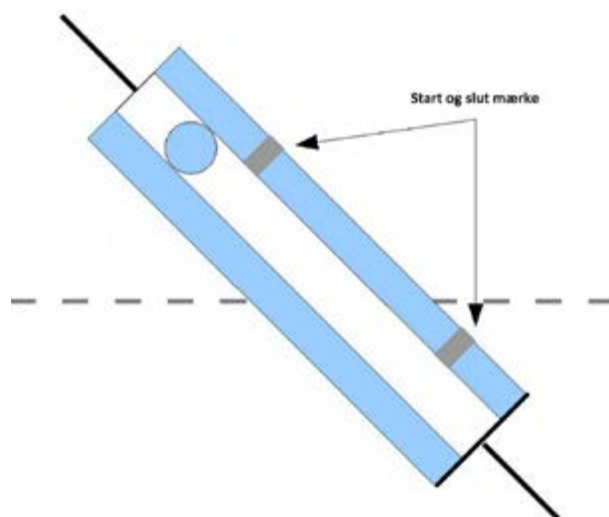


Fig. 10: Kuglefaldsviskosimetrets måleprincip

Ved kuglefaldsviskosimetret falder kuglen gennem væsken der skal måles. Man måler den tid det tager for kuglen at tilbagelægge den definerede strækning. Da man ved denne apparattype ikke kan beregne forskydningsfaldet (shear rate) foretages en kalibrering med en newtonsk væske.

Ud fra apparatkonstanten, den målte tid og vægtfylden af væsken og kuglen kan viskositeten for newtonske væsker bestemmes. Kuglefaldsviskosimetret udmærker sig ved en stor nøjagtighed og et bredt måleområde.

Eksempel på kuglefaldsviskosimeter

Brookfield KF30 eller KF40 viskosimetret som på billedet til højre.



Kugletrykviskosimetre

En variant af kuglefaldsviskosimetret er kugletrykviskosimetret. Kuglen fastgøres til en stav hvor på definerede påvirkninger på en substans kan tilføres. Derved udvides det målbare viskositetsområde betydeligt. Disse apparater er egnede til karakterisering af højviskose newtonske væsker.

Visse henvisninger til ikke-newtonske væsker kan udvindes af målingerne.

Kuglefalds- og kugletrykviskosimetre egner sig til bestemmelse af viskositet i newtonske medier og giver støttepunkter for ikke-newtonske væskers flydeadfærd.

Rotationsviskosimetre

Rotationsviskosimetre med målesystem efter plade-plade-, kegle-plade- eller koaksial cylinderprincippet er de mest alsidige typer.

De muliggør måling af flydekurver og bestemmelse af tidsafhængig og tidsuafhængig flydeadfærd. Anvendes typisk i polymerkemiske, farve-, tekstil- og levnedsmiddelindustrien. Beregningsligninger for forskydningspænding (shear stress) og forskydningsfald (shear rate) samt apparatkonstant er indeholdt i producentens dokumentation.

Måleprincipper

Der forhåndsfastsættes enten forskydningspændingen (drejningsmoment) eller forskydningsfaldet (omdrejningstal).

Hvis drejningsmomentet defineres (dermed defineres også forskydningspændingen) tillader modstanden af den forskudte væske kun et bestemt forskydningsfald, der omfattes som omdrejningstallet.

Hvis forskydningsfaldet (dvs. omdrejningstallet) forhåndsfastsættes opstår der en forskydningspænding i den indvendige del af målesystemet pga. modstanden i den forskudte væske. Denne spænding kan måles som drejningsmoment.

Forskellige måleprincipper

Searle-princippet

Her roterer den indvendige cylinder f.eks. keglen med et konstant eller defineret variabelt omdrejningstal. Den udvendige cylinder f.eks. en plade forholder sig i ro. Under rotationen flyder målesubstansen ind i åbningen. Modstanden af den forskudte væske (viskositet) måles som drejningsmoment på den indvendige cylinder.

God temperaturkontrol og meget bredt viskositetsområde har ført til at Searle-typen er den mest anvendte. Ulemper har Searle-apparater i området med meget lavviskose væsker, når disse skal udsættes for meget høje forskydningsfald (shear rate). Dette skaber høje centrifugal kræfter, der fører til ikke-laminar strømning.

Eksempler på rotationsviskosimetre (Koaksial cylinder)

Dette kunne være et instrument fra Brookfield som forskellige varianter fra de helt simple med analog skala til de avancerede med opsamling af data m.v.

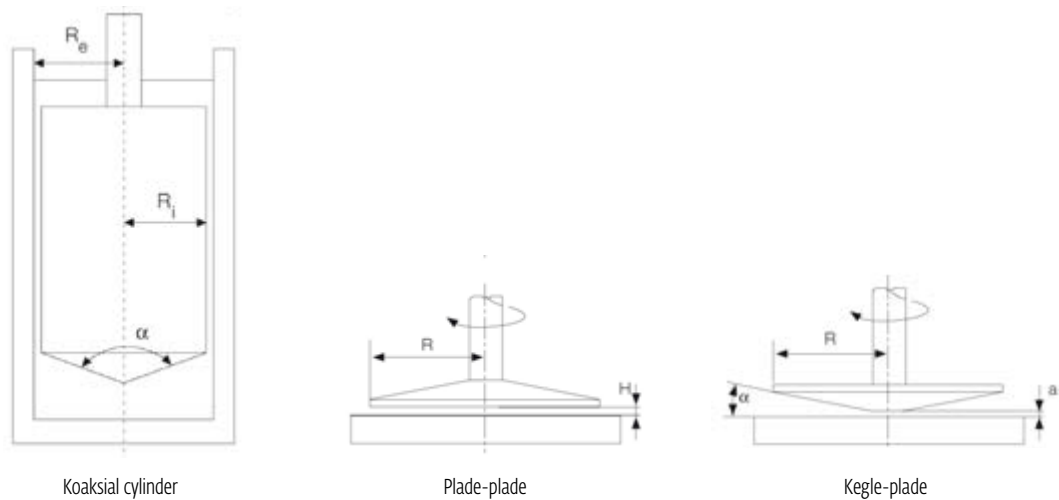
F.eks. Brookfield DV2T som er et meget alsidigt instrument til brugere, der søger enkel og nem betjening til krævende måleopgaver. DV2T EXTRA har samme specifikationer, men er opbygget med et mere robust kuglelejesystem, der forlænger levetiden, hvis det bruges meget eller står i beskide miljøer. Leveres med Rheocalc T software og instrumentet forvandles til et prisbilligt rheometer. Denne model fås også i en kegle/plade version, som kan benyttes til prøvemængder på mellem 0,5 og 2 ml.



Coutte-princippet

Her roterer den yvendige cylinder, f.eks. pladen. Modstanden af den forskudte væske i åbningen frembringer et viskositetsafhængigt drejningsmoment på den indvendige cylinder, som bestemmes af modkraften, som er nødvendig for at holde den indvendige cylinder i ro. Fordelen ved viskosimetre af Coutte-typen er at turbulencen som følge af centrifugalkræfterne undgås. Derfor kan også lavviskose væsker ved højere forskydningsfald (shear rate) måles. Målefølsomheden er generelt større end ved Searle-typen, så også målinger i området for meget lave forskydningsfald (shear rate) er mulige. Ulemper ved målesystemet er begrænsede temperaturstyringsmuligheder.

Fig. 11: Målesystemer for rotationsviskosimetre



Baggrunden for valg af forskellige målesystemer

Cylindersystemer er universelt anvendelige og giver fordele som bedre temperaturstyrings muligheder og kan klare målinger af substanser med større partikler i den disperse fase. (Forholdet mellem spaltebredde og diameteren af de største partikler skal mindst være fra 3:1 til 10:1).

For "plade-plade" og "kegle-plade" målesystemer gælder følgende fordele: let rengøring, lille prøvemængde, meget højt forskydningsfald er muligt, samme strømningsbetingelser over hele målefladen. Ulemperne er begrænsninger ved måling af suspensioner, dårligere temperaturstyringsmuligheder og den relative store frie overflade.

Rotationsviskosimetre er de mest alsidige rheologiske målapparater. De tillader fastsættelse af flydekurver og karakteristika af flydefærdens tidsafhængighed. Valget af apparattype og målesystem afhænger af opgaven.

Eksempel på kegle- og pladeviskosimetre

Disse apparater kunne være viskosimetrene CAP 1000+ og CAP 2000+ fra Brookfield. En instrumentserie, som er designet til måling af prøver med medium til høj viskositet bl.a. i maling, klæbemidler og lak i industrilaboratorier. Serien omfatter versioner til lav (5 - 75 °C) eller høj temperatur (50 - 235 °C).

Kan benyttes til prøvemængder på under 1 ml.



Kapillarviskosimetre

Ved kapillarviskosimetre flyder målesubstansen under indflydelse af tyngdekraften (type Ubbelohde) eller tilført ydre tryk (højtrykskapillarviskosimeter) gennem et kapillar. Viskositeten kan beregnes ud fra måling af volumenstrømmen (tid), trykdifference mellem to målepunkter og den geometriske størrelse af kapillaret.

Forholdet mellem længde og diameter af kapillaret skal mindst være 50:1 for at maksimere præcisionen ved ind- og udløb.

I kapillarviskosimeteret (Ubbelohde) ændres det effektive forskydningsfald (shear rate) som følge af det kontinuerlige hydrostatiske tryk på kapillaret. Sådanne viskosimetre kan derfor kun anvendes til newtonske væsker, men udmærker sig ved høj målenøjagtighed. Deres anvendelsesområde er lavviskose væsker (f.eks. vine, spirituosa, sukkeropløsninger og olier).

Med højtrykskapillarviskosimetre kan et større forskydningsfaldområde dækkes ved variation af det tilførte tryk. Tidspåvirkningen kan ved et konstant forskydningsfald (shear rate) ikke varieres. Derfor kan dette apparat kun anvendes til newtonske væsker og tidsuafhængige medier. Problemer ved trykmåling fører ofte til større målefejl.

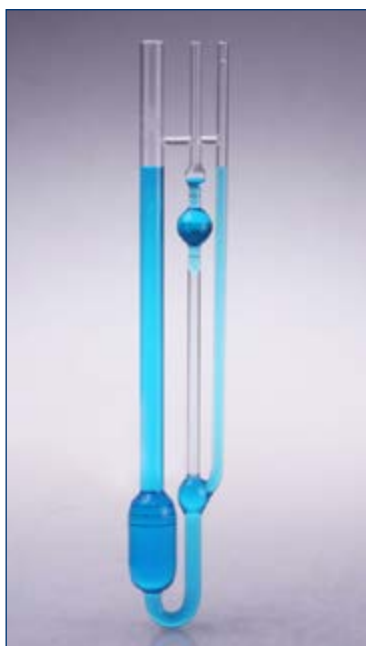
Højtrykskapillarviskosimetre anvendes hyppigst til karakterisering af polymeres rheologiske egenskaber.

En variant af kapillarviskosimetret er udløbsbægeret f.eks. Ford-cup, som anvendes i bl.a. farveindustrien. Disse giver kun sammenligningsværdier og ikke en fysisk beregnet værdi for de rheologiske egenskaber. Der fås Ford kopper, der overholder DIN 53211 eller ISO 2431. Fås i mange varianter, f.eks. "suppeske" typen som ses på billedet eller med elektrisk opvarmning af prøven. Bruges typisk til kvalitetskontrol eller simple laboratorietest.

En anden variant af kapillarviskosimetret er et mekanisk reguleret kapillarviskosimeter. Her måles differencen i trykket mellem ind- og udløbet ved et fast omdrejningstal med en ændring af forskydningsfaldet (shear rate). Her ud fra beregnes viskositeten.

Beregningsligninger og apparatkonstanter til undersøgelse af viskositeten medfølger ved apparatleverancen.

Kapillarviskosimetre anvendes til newtonske væsker (type efter Ubbelohde) og til tidsuafhængige medier (højtrykskapillarviskosimetre).



Ubbelohde



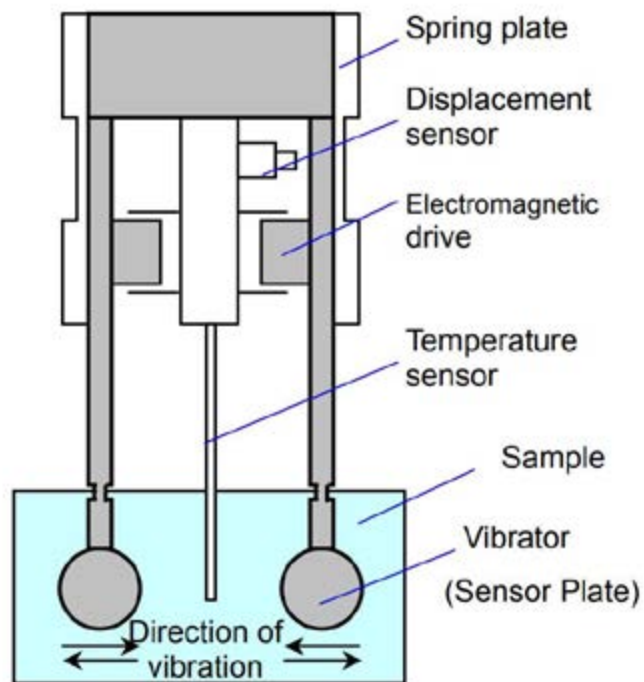
Fordcup

Vibrationsviskosimeter

Vibrationsviskosimeter virker ved, at de tynde sensorplader nedsænkes i en prøve. Når fjederpladerne vibreres med en ensartet frekvens, varierer amplituden som reaktion på den friktionskraft, der frembringes af viskositeten mellem sensorpladerne og prøven.

Viskosimetret styrer den elektriske strøm, der skal til for at vibrere fjederpladerne for at udvikle ensartet amplitude.

Den kraft, der kræves for måling, er direkte proportional med viskositeten \times tæthed. Når fjederpladerne vibrerer med en konstant frekvens for at udvikle ensartet amplitude til prøver med forskellige viskositeter, er den elektriske strøm (kraft) derfor også direkte proportional med produktet af viskositet og massefylde i hver prøve. Ved hjælp af en teoretisk formel baseret på dette måleprincip påvises den fysiske mængde målt ved vibrationsviskosimetrets som "viskositet \times massefylde", normalt vises begge værdier



Fysisk klassifikation af væsker

Newtonsk væske:

Vand, sukker opløsning, saltopløsning, alkohol, opløsningsmiddel, glycerin, siliciumolie, oliebaseret / vandbaseret kosmetik, kviksølv

Dilatantvæske:

Stivelsesopløsning, fugtigt sand (hurtigt sand), suspension (høj koncentration), gylle, maling, chokolade, kærnemælk

Pseudoplastvæske:

Kolloid opløsning, polymeropløsning, emulsion, gulvlak, maling/farvestof, mayonnaise, saucer, juice, kondenseret mælk

Plastvæske

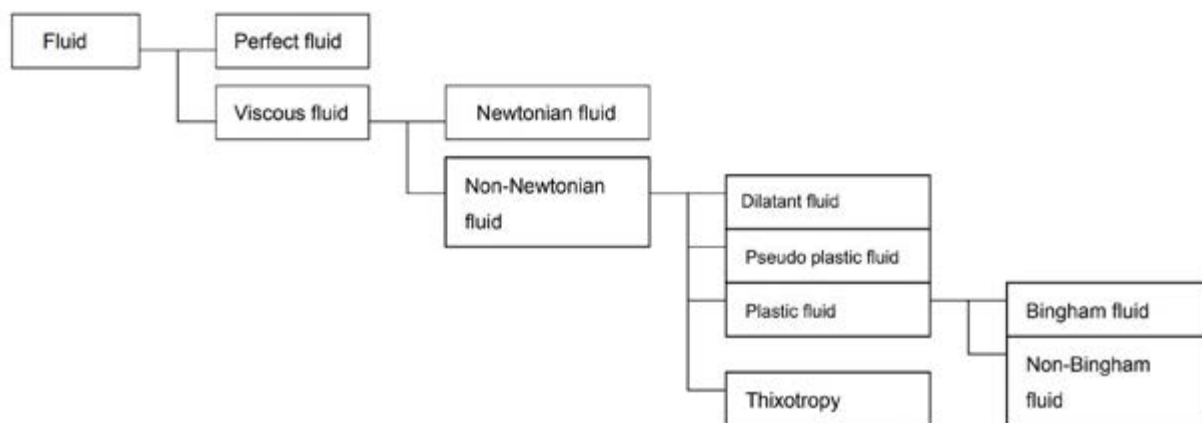
Bingham væske:

Margarine, tomatketchup, æggehvite (skum), tandpasta, cream (kosmetik), forskellige opslæmninger (uklar væske med fast partikel)

Ikke-Bingham væske: Print blæk, maling, belægning, mayonnaise, raffineret mel af yams, asfalt, blod

Thixotropy:

Loddepasta, fedt, trykfarve, tomatketchup, kakao, cream (kosmetik)



Viskosimeter til online brug i produktionsprocessen

Produktionsprocessen stiller specielle krav til måleapparater for bestemmelse af de rheologiske egenskaber:

- let betjening
- minimum vedligeholdelse
- robust bygget
- henholdsvis kontinuerlig og quasikontinuerlig drift
- afmålte måletider
- mulighed for integration i eksisterende måle-, styre- og reguleringsteknikker

Derudover skal de generelle krav til rheologiske målinger så vidt muligt være opfyldt, særligt realisering af en rheometrisk strømning med mulighed for fastsættelse af flydekurver, temperaturstyring og temperaturkontrol med viskositet-temperatur-kompensation. I praksis vil det altid være nødvendigt at indgå et kompromis.

Måleprincipperne for kapillar- og rotationsviskosimetrene gør det muligt at anvende disse som procesviskosimeter.

Procesviskosimeter Brookfield PV-100 er et kontinuerligt arbejdende rotationsviskosimeter med trykløs eller trykfast dyppesonde eller gennemstrømningssonde.

Procesviskosimeter Brookfield KV-100 er et kontinuerligt arbejdende kapillarviskosimeter til brug i rørledninger eller beholdere.

Anvendelseksempel for industriviskosimeter

Den kontinuerlige måling og overvågning af viskositeten er en nødvendighed i mange processer for at kunne gennemføre en automatisering. Da industriviskosimeter, i sammenligning med f.eks. tryk- og temperaturfølere, er mere bekostelige og kræver mere vedligeholdelse, afholder mange anlægbyggere og -brugere sig ofte fra at benytte industriviskosimeter i deres projekter.

Hertil kommer ofte et for lille kendskab til viskositetens væsentlige betydning i forskellige forarbejdningsprocesser.

I det følgende er opsat nogle eksempler, der skal opfordre til overvejelse af denne fremgangsmåde og give et motiv til viskositetsregulering eller -overvågning i industrielle processer.



Viskositetsregulering af farver og lak

Farver (f.eks. dybtrykblæk) og lak (f.eks. magnetbåndssuspensioner) indeholder udover pigment, bindemiddel og andre bestanddele og let flygtige opløsningsmidler. Ved fordampning af opløsningsmidlet stiger pigmentkoncentrationen og dermed farveværdien og viskositeten. Dette har indflydelse på farvegengivelsen ved trykkeriprocesser, på lagtykkelsen af farve eller lak og dermed også på resultatet af det færdige produkt samt på farve/lak forbruget.

Ved kontinuerlig viskositetsregulering v.h.a. et procesviskosimeter optimeres kvalitetskendtegnene (konstant farvegengivelse, ensartet lagtykkelse) og de anvendte råstoffer (farve, lak og opløsningsmiddel) minimeres. Dette opnås ved løbende erstatning af de flygtige opløsningsmidler med det formål at holde viskositeten på den fastsatte værdi.

Undersøgelser har vist, at man ved automatisk farveviskositetsregulering med procesviskosimetre på dybtryksrotationsmaskinerne kunne opnå en årlig besparelse på trykfarve og opløsningsmiddelforbruget svarende til anskaffelsesprisen for viskosimetret. Dertil kommer så den forbedrede kvalitet af de færdige produkter.

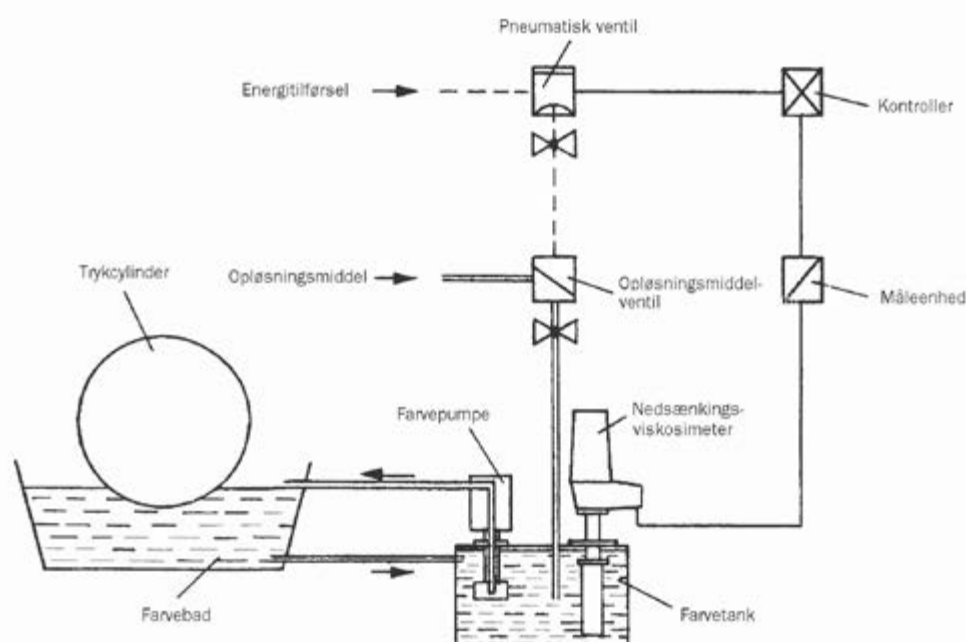


Fig. 12: En dybtryksrotationsmaskines tryksystem

Viskositetsovervågning ved kunstfiberproduktion

Ved fremstilling af Wolpryla-fibre (en PAN-fiber) bestemmes styringen af reaktorerne og andre aggregater af procesviskosimetret. Den kemiske reaktion i reaktoren har stor indflydelse på kvaliteten af produktet.

For spindeprocessen, i hvilken den egentlige fiber fremstilles, har viskositeten afgørende betydning. De optimale flydeegenskaber indstilles derfor i en tyndfilmfordamper efter reaktoren. Ved indsættelse af kontinuerligt arbejdende viskosimetre i et kunstfiberværk får man større indflydelse på kvaliteten af produktet og dermed også på slutproduktet.

Under den årelange brug af procesviskosimetre i et kunstfiberværk i Premnitz frembragte instrumenterne bevis for en mere pålidelig arbejdsmåde og større servicevenlighed.

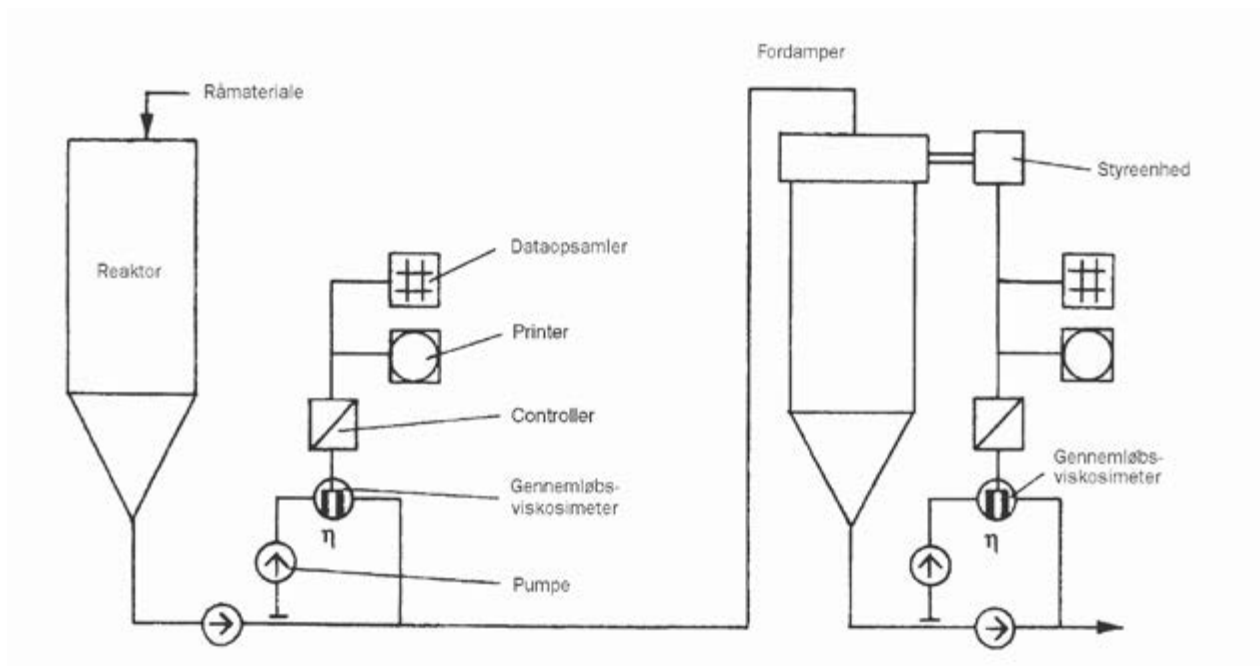


Fig. 13: Viskositetsmåling og kontrol i kunstfiberproduktion

Forædling af chokolademasse

Ved forædlingsprocessen af chokolademasse foregår substansombytningen og strukturomdannelsen samt aromadannelsen i maskiner kaldet "Conche". Her undergår den smuldrede, tørre masse en intensiv forskydningsbehandling og luftning. I slutningen af processen stabiliseres den opnåede struktur af den nu mere flydende masse med en emulgator. Ved tilføjelse af fedt (mest kakaosmør) kan de rheologiske egenskaber optimeres til den ønskede værdi.

For at være på den sikre side under den videre forarbejdning sker der ofte et overforbrug af det dyre råstof kakaosmør. Ved brug af industri-viskosimeter til bestemmelse af de rheologiske egenskaber af chokolademassen før og efter restfedt tilførelsen kan der spares på råstoffet.

Derudover kan der spares energi ved forkortelse af chokolademassens henfaldstid i "Conchen".

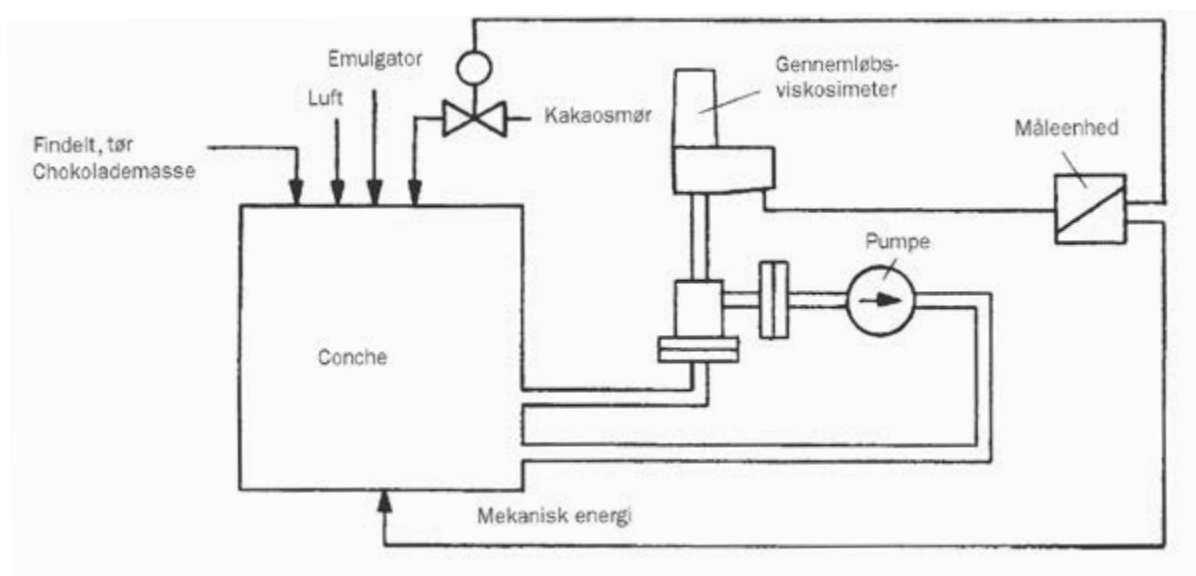


Fig. 14: Kvalitetskontrol af forædling af chokolademasse v.h.a. viskositetsmåling

Checkliste til valg af det bedst egnede viskosimeter

Vigtige parametre for valg af viskosimeter:

- Rheologiske egenskaber på mediet
- Stedet, hvor det skal bruges
- Prøvemængde
- Målenøjagtighed
- Databehandling
- Funktionalitet
- Kompatibilitet
- Pris

Viskositetsmåling



Buch & Holm tilbyder et stort program inden for viskositetsmåling. Vi repræsenterer den meget anerkendte producent Brookfield. Brookfield blev grundlagt for mere end 70 år siden og er i dag verdens største producent af viskosimetre og rheometre. Vi har indgået en aftale om eneforhandling med Brookfield på salg, rådgivning og service af hele deres program i Danmark.

For at give dig et godt, nemt og hurtigt overblik over vores store program inden for området, har vi udarbejdet et magasin med anbefalinger til instrumenter og tilbehør m.v.

Bemærk, at magasinet kun indeholder et udsnit af sortimentet, så hvis du ikke finder lige det, du søger, er du selvfølgelig velkommen til at kontakte os. Hele sortimentet, priser, lagerstatus m.v. kan ses på vores online shop.

Har du spørgsmål, eller ønsker du råd og vejledning, så kontakt Kundesupport pr. tlf. 44 54 00 00 eller e-mail b-h@buch-holm.dk eller du kan kontakte Hans-Henrik Ulm på tlf. 44 54 00 22 eller e-mail hhu@buch-holm.dk

Seminarer om emnet viskosimetri

Emnet "viskositet" er særdeles omfattende, og det kan være svært at overskue, hvilke målemetode der skal benyttes til en given applikation.

Vi holder derfor jævnligt seminarer om viskosimetri, hvor vi gennemgår teori, applikationer, instrumenter, kalibrering m.v. kort sagt – en grundig gennemgang af emnet.

Kontakt os og hør hvornår vi afholder det næste seminar.



Rheometer

ALL-IN-ONE RHEOMETER - DVNext

Det nyeste all-in-one rheometer DVNext som komplet i stand-alone. Anvendes til viskosimetri og yieldmåling.

Nye funktioner

- Hurtig opstart og drift; alle instrumenter har automatisk nivellering af instrumentet og ikke den gammelkendte luftboble
- Automatisk Oscillations-test af spindlens bevægelighed
- Farma versionen har yderlig Ethernet-forbindelse for nemt at gemme dine data på egen server, LIMS (Laboratory Information Management System) forbindelse til data
- Overholder 21 CFR part 11, GAMP
- Stregkodescanning for at identificere spindler, så processen med registrering er let og praktisk
- Magnetisk koblingssystem til spindel, hurtigt at installere eller fjerne spindler med en hånd. Er option på standard-versionen, er standard i Farma-versionen.

LV leveres med 4 spindler og RV/HA/HB leveres med 6 spindler, alle med kalibreringscertifikat. DVNext kan leveres som kegle/plade versioner. Husk skal bestilles ved ordre, kan ikke eftermonteres.



Nyt koblingssystem!

For yderligere information kontakt Hans-Henrik Ulm

Viskosimetre



VISKOSIMETER DV2T

Alsidigt, digitalt rotationsviskosimeter med touch-display. Den 5" store farveskærm viser: Viskositet i cP eller mPa·s, temperatur, forskydningshastighed, forskydningspænding, % torque, spindel/hastighed og programtrin. Multi-step testprotokoller kan oprettes ved hjælp af programgeneratoren. DV2T er et foretrukket valg for mange Brookfield-brugere. Leveres i transporttaske med stativ, 4 spindler, temperatursensor og PG Flash-software. LV leveres med 4 spindler og RV/HA/HB leveres med 6 spindler, alle med kalibreringscertifikat.

Vælg mellem 4 modeller - 1 - 6M cP, 100 - 40M cP, 200 - 80M cP eller 800 - 320M cP.



VISKOSIMETER DVIM

Digitalt rotationsviskosimeter for måling i cP eller mPa·s. %-moment, omdrejningshastighed/spindel og temperatur (kræver en temperaturføler). Nemt at betjene og styre sine parametre. Leveres i transporttaske med stativ, 4 spindler, temperatursensor og PG Flash-software. LV leveres med 4 spindler og RV/HA/HB leveres med 6 spindler, alle med kalibreringscertifikat.

Vælg mellem 4 modeller - 1 - 2 M cP (mPa·s), 100 - 13 M cP (mPa·s), 200 - 26 M cP (mPa·s) eller 800 - 104 M cP (mPa·s).



Bestseller

Komplet og leveret



Rutine viskosimetre

VISKOSIMETER DVE

Basismodel, økonomisk digitalt rotationsviskosimeter med visning af viskositet i cP eller mPa·s, % Torque, hastighed og spindeltype med alle grundlæggende funktioner og brugervenlig indstilling. LV leveres med 4 spindler og RV/HA/HB leveres med 6 spindler - alle med kalibreringscertifikat.

Vælg mellem 4 modeller - 1 - 2 M cP (mPa·s), 100 - 13 M cP (mPa·s), 200 - 26 M cP (mPa·s) eller 800 - 104 M cP (mPa·s).



KU-3 VISKOSIMETER

Brookfield tilbyder et helt digitalt Krebs Unit Instrument med al den pålidelighed, du ville forvente i Brookfield instrumentering - nu med relativ centipoise-display.

KU-3: Dette instrument bruges bredt til fremstilling af viskositetsmålinger på maling / belægninger i overensstemmelse med ASTM D562. Leveres med Krebs Spindel og Adapter for Pint og Half Pint dåser samt kalibreringscertifikat.

Anvendelsesområde: Malinger og lignede, lim, blæk og pasta.



ERSTATNING FOR SUNSHINE GEL-TIMER INSTRUMENT

Det populære Brookfield viskosimeter måler nu også gældtid ved hjælp af unik magnetisk kobling, der fastgør glasstangen til instrumentet. Når gældtiden er nået, viser displayet både gældtid og ækvivalent viskositetsværdi. Glasstangen er hurtigt og nemt løsnet fra instrumentet. Integreret temperatursonde giver højeste eksotermdata, hvis det er nødvendigt.

Leveres komplet inkl. alt tilbehør.

Komplet og leveret



KEGLE- OG PLADEVISKOSIMETRE

Brookfield kegle- og pladeviskosimeter til måling af prøver med medium til høj viskositet, f.eks. maling, klæbemidler og lak i industrilaboratorier. Instrumentet har indbyggede Peltier-elementer til temperaturstyring og fås til 2 temperaturområder, enten 5 - 75°C (L-Serien) eller 50 - 235°C (H-Serien). Leveres med 1 spindel og kalibreringscertifikat.

CAP2000+ har variabel hastighed på 5 - 1000 o/min. og er ideel til forskning og udvikling samt mere detaljeret kvalitetskontrol. CAP2000+ kan benyttes sammen med Capcalc32-softwaren for automatisk styring.



CAP1000+ til måling af prøver med medium til høj viskositet, f.eks. maling, klæbemidler og lak i industrilaboratorier. Instrumentet har indbyggede Peltier-elementer til temperaturstyring.



KUGLEFALDSVISKOSIMETER

Höppler kuglefaldsviskosimeter benyttes til et-punktsmålinger af transparente væsker. Kan anvendes til kvalitetskontrol. Bliver ofte også brugt til undervisningsbrug, da det nemt og enkelt illustrerer principperne bag viskositetsmåling.

Leveres med 6 forskellige kugler. Måleområdet er 0,5 - 70000 cP med præcision mellem 0,5 og 2%, afhængigt af valgt kugle. Model KF40 har variabel indstillingsmulighed for en vinkel på 50°, 60°, 70° eller 80°.



Tilbehør

SMALL SAMPLE ADAPTER

Til rheologisk test ved begrænset prøvevolumen. Med adapteren får man et defineret geometrisystem til nøjagtige viskositetsmålinger med præcis viskositetsmåling. Adapteren består af et cylindrisk prøvekammer og spindel. Designet til prøvemængder på 2 til 16 ml og kan anvendes på alle Brookfields standard-viskosimeter/rheometre.



HELIPATH™ STAND

Brookfield Helipath Stand, sammen med et Brookfield viskosimeter/rheometer anvender en speciel T-bar spindel, der vil tillade viskositetsmålinger i prøver med relativ høj viskositet, som yoghurt, gelatine, cremer eller voks, hvor almindelige spindler ikke kan anvendes.



BROOKFIELD ENHANCED UL ADAPTER BRUGES SAMMEN MED ENHVER STANDARD

Brookfield viskosimeter/rheometer til at foretage nøjagtige og reproducerbare målinger på materialer med lav viskositet. Newtonske og ikke-newtonske materialer kan måles. Det er mest almindeligt anvendt med LV-serien - instrumenter der giver måleområde 1,0 til 2.000 cP med UL Adapter.



Tekstur



Brookfields nyeste CTX Texture Analyzer er et avanceret instrument til træk- og trykprøvning af en lang række forskellige produkter i forbindelse med udvikling og kvalitetskontrol. Anvendelsesmulighederne er mange og instrumentet utrolig nemt at betjene.

Det kunne f.eks. være trækprøvning af tyggegummi, for at teste en ensartet elasticitet, brudstyrke af læbestift, sprødhed af chips og afrivningsevne af yoghurtlåg. Ønsker du at sikre en ensartet, høj kvalitet af dit produkt, er dette instrument uundværligt.

Derudover kan man benytte et software og lave materiale-evaluering eller karakteriseringstest, som er et rigtig godt værktøj til udviklingslaboratorier eller til QC-applikationer, da data kan sendes eller gemmes i flere dataformater.

Instrumentet udmærker sig ved følgende:

- Touch-screen for nem opsætning og grafisk visning af data
- Udskiftelige belastningsceller for optimal fleksibilitet
- Vandring med op til 280 mm og med hastighed på op til 40 mm pr. sek.
- Opsamling af 500 datapunkter pr. sek., for at opfange præcist øjeblik for ændring i en prøve
- Afbøjningskompensation finder den præcise brudstyrke ved høje belastninger
- Filtrering af data for nem analyse af resultater
- Ideelt værktøj til kvalitetskontrol

TexturePro Software til tilføjelse af avancerede testfunktioner og forbedret brugeroplevelse. Vi tilbyder både en standard og en avanceret version. Sidstnævnte er 21 CFR Part 11 compliance.

Kontakt os for yderligere information og et komplet instrument inklusiv passende tilbehør for en given applikation til lige netop din opgave.



TEXTUREANALYSE

I forlængelse af vores program inden for viskosimetre og rheometre tilbyder vi også texturanalysatorer. Brookfield CT3 er en serie af alsidige instrumenter med et stort tilbehørsprogram, der kan benyttes til lange kompressions- og elasticitets-tests. Systemet leveres med et stort antal forskellige prober og tilbehøret vælges i forhold til den specifikke opgave.

Powder flow



POWDER-FLOW-TESTER

Hurtig og nem pulver-flow-analyse med Brookfield PFT Powder Flow Tester. Den er ideel for alle, der arbejder med pulver og ønsker at minimere eller eliminere "downtime" og de omkostninger, der kan opstå, når tragte og siloer ikke tømmes hensigtsmæssigt eller bliver tilstoppet. Ligeledes kan Powder-Flow-Tester benyttes til optimering af et enkelt pulverkomponents flow-egenskaber.



OSCILLATORY RHEOMETER - RSO

Hurtig test-funktionalitet giver mulighed for test inden for få minutter med små prøvemængder

Funktioner:

- Brugervenlig skærm og grafisk display til stand-alone-drift
- Quick Connect-koblings system for nem spindel montering
- Instrumentets fleksibilitet giver mulighed for kegle/plade eller koncentrisk cylinder på samme instrument
- Spindle Barcode til automatisk spindel genkendelse
- Automatisk "gap" indstilling for hurtig og nem mellemrums-indstilling C&P / P&P
- Hurtig temperaturstyring af plade med Peltier mulighed for hurtig profilering af viskositet vs. Temperatur

Hør på vores avancerede rst-rheometre



RST-CC
Mulighed for temperaturstyring
fra -20°C til 180°C



RST-CPS
Automatisk eller manual
gap setting



RST-SST
Måler bløde faste materialer



SERVICE PÅ HØJESTE NIVEAU

For at sikre bedst mulige resultater, anbefaler vi løbende vedligeholdelse og service. Udstyr, der holdes i driftsklar stand, har normalt færre nedbrud, som i værste fald kan føre til driftstab. Vedligeholdelse forlænger også udstyrets levetid og gør investeringen mere rentabel.



Autoriseret køleservice



Buch & Holm er en sagkyndig virksomhed inden for installation, reparation og service af køleanlæg uanset størrelsen på fyldningen. Vi har gennem tiden opbygget stor erfaring og leverer køleteknisk service på et meget højt niveau. Vi tilbyder autoriseret køleteknisk service på alle fabrikater inden for lavtemperaturfrysere, kølebade, klimaskabe, frysetørrere m.v. med temperaturer helt ned til -150°C .

Derudover kan vi være behjælpelige med installation og udarbejdelse af IQ, OQ og PQ samt 10-punkt-temperaturmapping, og vi tilbyder døgnaftaler, hvor vi sikrer dine prøver ultimativt.

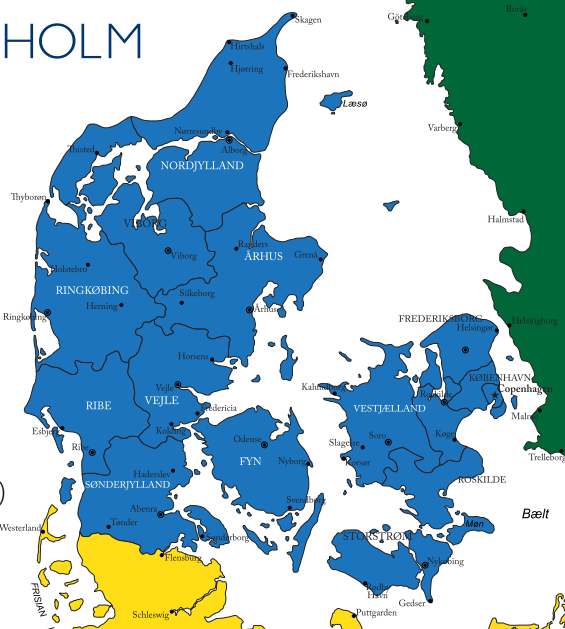
Ved servicebesøg benyttes altid certificeret, sporbart udstyr. Dette holdes op mod in-house referenceudstyr.



BUCH & HOLM

Din servicepartner

- Reparationer
- Akutservice
- Serviceaftaler
- Køleservice
- Sporbar kalibrering
- Køl og frys - 24/7
- Installation
- Uddannelse
- Reservedele
- Kvalificering (IQ, OQ)
- Mapping



NØDVENDIGT OVERBLIK

Den fornemmeste opgave for vores teknikere er at kunne tillægge vores produkter i sortimentet øget værdi og sikre den nødvendige tekniske vedligeholdelse. Vi har stort knowhow og det nødvendige overblik til at kunne løse en given opgave bedst muligt.



KVALIFICERING

Vi kan være behjælpelige med udførelse af IQ/OQ/PQ.



DØGNAFTALER

For et relativt beskedent beløb, sikrer vi dine prøver 24 timer i døgnet, 365 dage om året.



SERVICEAFTALER

Udført af egne teknikere med certificeret måleudstyr og originale reservedele.

AUTORISERET SERVICECENTER

Buch & Holm er autoriseret servicecenter for en lang række producenter. Vores teknikere bliver løbende uddannet hos producenterne, har specialværktøj, certificeret måleudstyr og adgang til originale reservedele. Certifikater kan rekvireres.

SERVICEKONCEPT

“Korrekt service og vedligehold er forudsætningen for fejlfri drift, hvilket er vores ultimative mål. Vores servicekoncept sammensættes således, at det både giver mening og værdi for kunden. Resultatet er en komplet servicepakke, der gør det nemt for vores kunder.”

Har du brug for
service?

Ring til os!
+45 44 54 00 00

BUCH  HOLM

www.buch-holm.dk

Vi ved, hvad der skal til...

Anders Lillesø

Quality Officer

Tlf.: 44 54 00 21

E-mail: al@buch-holm.dk



Vi ved, hvad der skal til...





Service

Vores teknikere tilbyder servicevedligeholdelse og serviceaftaler på alle vores viskosimetre og rheometre. Måling af viskositet er normalt en forholdsvis simpel proces, men kræver at instrumentet kalibreres og efterses årligt, for at sikre korrekte måleresultater.

Buch & Holm tilbyder autoriseret service af uddannede teknikere og årlige serviceaftaler med sporbar kalibrering. Vi udfører enten service på stedet, eller

instrumentet kan sendes til service på vores værksted. Ved det årlige eftersyn foretages en kontrolmåling med sporbare standarder og vi adskiller, renser og smører instrumentet. Der vil være en inspektion af ophæng, afbalancering af lejer og ophæng samt eventuel kontrol af temperatur.

Har du spørgsmål, eller ønsker du råd og vejledning vedrørende service, så kontakt Serviceafdelingen på tlf. 44 54 00 00 eller e-mail service@buch-holm.dk

KONTAKT FOR SALG

BUCH & HOLM
Hans-Henrik Ulm
Tlf.: 44 54 00 22
E-mail: hhu@buch-holm.dk



KONTAKT FOR SERVICE

BUCH & HOLM
Anders Lillesø
Tlf.: 44 54 00 21
E-mail: al@buch-holm.dk



Hos Buch & Holm vil vi gerne bevise vores berettigelse ved at skabe øget værdi for vore kunder. Dette skal vi ganske enkelt gøre ved at levere de bedste produkter og yde den bedste service. Vi lever op til vores mål ved hjælp af velmotiverede medarbejdere, et konkurrencedygtigt produktsortiment med høj forsyningsikkerhed og et stadigt fokus på vidensdeling og øgede kompetencer. Du er altid velkommen til at ringe til os.

BUCH & HOLM

Buch & Holm A/S - Marielundvej 39 - 2730 Herlev - tlf.: 44 54 00 00
e-mail: b-h@buch-holm.dk - www.buch-holm.dk