

# Belægninger på metal

- **del 1** Tykkelsen af en belægning (lak, galvanisering, eloxering osv.) på metal har direkte indflydelse på, hvor godt emnet er beskyttet mod slid eller korrosion. Generelt kan man sige, at.....[Læs artiklen her](#)
- **del 2** Metallet under belægningen kaldes underlaget. Det er vigtigt at vide, hvilket metal underlaget er, før man forsøger at måle belægningens tykkelse. Hvilken føler, der skal anvendes, afhænger af.....[Læs artiklen her](#)
- **del 3** Lagtykkelsesmålerens egenskaber og teknikker til forenkling af måling, dataopsamling og -analyse. De første afsnit i denne artikelserie har vist, at instrumentets aflæsninger afhænger af.....[Læs artiklen her](#)

# Belægninger på metal – del 1

Tykkelsen af en belægning (lak, galvanisering, eloxering osv.) på metal har direkte indflydelse på, hvor godt emnet er beskyttet mod slid eller korrosion. Generelt kan man sige, at jo tykkere laget er, jo længere holder det. Men hvis laget er for tykt, risikerer man, at dele af det ikke passer sammen, eller at belægningen deler sig. Desuden vil tykkere lag betyde flere udgifter til belægningen.

## Metalunderlag

Metaller inddeles grundlæggende i to grupper: magnetiske og ikkemagnetiske metaller. De magnetiske metaller og legeringer omfatter jern, ferritisk og duplex rustfrit stål samt nikkel- og koboltlegeringer. Disse kaldes jernholdige metaller / ferro-metaller. Ikkemagnetiske metaller og legeringer omfatter aluminium, messing, kobber, bly, titanium samt austenitisk rustfrit stål, monel og inconel. Disse kaldes "non-ferro"-metaller.

Man skal være varsom med at bruge udtrykket "non-ferro", da der er mange legeringer, der indeholder jern, nikkel og kobolt, som tiltrækker en magnet. Dertil kommer, at nogle af de moderne legeringer, der ser metalliske ud, hverken er magnetiske eller ledende.

Lagtykkelsesmålere til tør film, f.eks. Elcometer model 101 og 211, kan måle på jernholdige metaller, men ikke på andre metaller. Elektroniske måleinstrumenter som f.eks. Elcometer model 456F, bruger en F-føler specielt til disse metaller. Elcometer model 456N kan også måle på umagnetiske metaller ved at bruge en N-føler. Hvis man har behov for at måle på begge metaltyper, skifter Elcometer model 456FNF automatisk mellem de to målemetoder.

Er der grund til at nævne ledeevne? Alle metaller er elektrisk ledende, selvom nogle ikke leder så godt, f.eks. bly. Der er kun et "non-ferro"-materiale, der (omtrent) leder, nemlig kulstof.

## Hvilken føler

Før man vælger hvilken føler, man vil bruge, skal man overveje både underlag og belægning.

Magnetiske metalunderlag kræver en F-føler, der anvender elektromagnetisk induktionsteknik. Belægningen må ikke være magnetisk, men der er mange forskellige materialer, som f.eks. maling og zink, der kan måles på den måde.

Ikke magnetiske metalunderlag kræver en N-føler, der anvender hvirvelstrømsteknik. Belægningerne må ikke være andre metaller, men kulstof er tilladt. Der er ingen problemer i forhold til at måle lak- eller plastikbelægninger på ikkemagnetiske metaller.

## Hvad påvirker målingen?

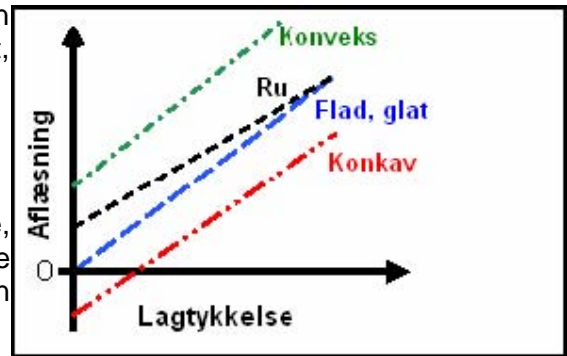
Naturligvis ændrer lagtykkelsen måleværdien. Der er også andre variabler, og de skal kontrolleres gennem kalibrering.

## Underlag, form og overflade

Metaller er ledende og har magnetisk permeabilitet, nogle mere end andre. Disse kan somme tider ændre sig, hvis metallet opvarmes eller nedkøles. Det er altid nødvendigt at kalibrere på et stykke metal, der svarer til prøvens underlag.

Prøvens krumning har indflydelse på målingen. En konveks overflade bøjer effektivt væk fra følerens midtpunkt. Dette giver en højere aflæsning end på en tilsvarende flad overflade. I en konkav er følerens side nærmere overfladen, og aflæsningen vil være mindre. Der er derfor, det er nødvendigt at kalibrere til en form, der svarer til prøvens. N-følere påvirkes mere end F-følere. Ru metalunderlag forhøjer en følers aflæsning, særligt ved ikkemagnetiske metaller. Hvirvelstrømmen cirkulerer under lavpunkterne, således at ruhedens toppe virker som en ekstra belægning. Dette kan korrigeres, ved at man kalibrerer til en lignende overfladeruhed, men også andre teknikker kan anvendes.

Grafen demonstrerer, hvordan måleværdierne kan ændres, hvis lagtykkelsesmålerne kalibreres på en glat, flad overflade.



### Indstilling af måleinstrumentet

Når der kalibreres, justerer instrumentet målingerne, således at de faktiske lagtykkelsesværdier vises. Denne procedure gentages hver gang, der skal måles en anden type prøve.

Der er normalt to indstillingspunkter: én på et kalibreringsfolie og én på det bare metal. Kalibreringen kan også foretages på to kalibreringsfolier med forskellige tykkelser for at forbedre aflæsningerne over et mindre område. Et folie med en mindre tykkelse end kalibreringsfoliet kan bruges til kontrol af lineariteten.

### Spredning

Selvom ru overflader sædvanligvis er ensartede, varierer måleresultatet ved en tilfældig måling. Hvis der kun blev taget én måling på en prøve, ville en bule eller et hak i underlaget forvrænge den, og målingen ville ikke være repræsentativ. Det er altid bedre at tage 10 målinger over et område og beregne gennemsnitsværdien, fordi dette resultat er mere gentageligt end en enkelt måling. Lagtykkelsesmåler Elcometer model 456 kan beregne gennemsnittet af måleresultaterne automatisk og gøre det til en meget simpel procedure.

### Gentagelighed

I dag er der ofte tilstrækkelig høj nøjagtighed, og i praksis er det således vigtigere med en høj gentagelighed. Der vil altid være en spredning mellem værdier, især hvis der anvendes mere end et måleapparat. Derfor er det vigtigt med ensartet kalibrering efter den samme standard. Målinger taget på samme måde vil sikre overensstemmende resultater og derfor en høj gentagelighed mellem forskellige målinger.

I del 2 af artikelseerien ser vi nærmere på instrumenterne, der anvendes til lagtykkelsesmåling.

## Belægninger på metal – del 2

Denne del omhandler måling af tykkelsen af en belægning på egentlige emner.

### Underlag

Metallet under belægningen kaldes **underlaget**. Det er vigtigt at vide, hvilket metal underlaget er, før man forsøger at måle belægningens tykkelse.

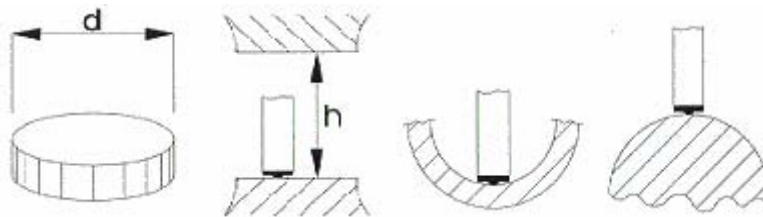
Hvilken føler, der skal anvendes, afhænger af såvel belægningen som af underlaget. Med Elcometers følere kan man måle mange forskellige kombinationer af belægning og underlag, men ikke alle. Herunder ses nogle almindelige eksempler:

Zink eller galvanisering på stål	F
Eloxering på aluminium eller magnesium	N
Lak på messing	N
Maling eller emalje på stål	F
Hård krom på højstyrkestål	F
Elektroplet nikkel på stål	Kan ikke måles med F- eller N-følere
Tin på messing	
Dekorativ krom eller zink	
Sølv på kobber	
Krom på plastik	

### Form

Området, der skal måles, kan være stort eller småt, bredt eller smalt, fladt eller rundt. Det er meget vigtigt at kende formen, inden man beslutter, hvilken føler der er bedst egnet.

Følere kan ikke måle på alle overflader; de er designet til specifikke opgaver iht. brugernes behov. Følerens parametre skal sammenlignes med formen og størrelsen på det emne, der skal måles.

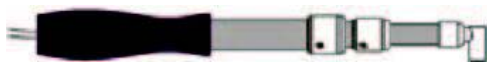


Kontrollér om føleren passer til det tilgængelige rum

Store emner og store områder måles normalt med en **standard- eller retføler** med fjederbelastet følerkappe. Men ved måling på emner med lille overflade eller på et begrænset område, anvendes vinkel- eller miniaturfølere (se billedet til højre).



Til måling af belægninger inden i cylindere anvendes en teleskopføler, der har en rækkevidde på over 1 meter – længere endnu, hvis man også stikker armen ind. Det er vigtigt at kalibrere på en tilsvarende buet ubelagt overflade, før man måler de belagte emner.



Teleskopføler til rør

## Placering af føler



Det er meget vigtigt, at føleren placeres vinkelret på overfladen, da aflæsningerne ellers bliver for høje og inkonsistente. Korrekt placering kan sikres ved at presse den udvendige cylinder eller følerkappen mod prøveoverfladen og holde den dér i et sekund. Små rør og store wirer placeres i V-udskæringen i enden af følerkappen. Til emner med større diameter anvendes en V-



studs, der passer ud over føleren. Føleren kan vendes og prøveemnet placeres på enden af føleren, hvis det gør det lettere at måle.

Når man måler på overflader med en lille radius, skal man først recalibrere på den samme krumning. Wirer skal holdes lige, således at der kun er en bue. En sammensætning af forskellige buer vil resultere i højere og lavere aflæsninger, der ikke er repræsentative for lagtykkelsen.

## Ensartethed



Dette er meget vigtigt. Føleren skal berøre alle prøveemner i et parti på den måde. På en kompleks krummet overflade skal føleren placeres på et sted, hvor krumning og kalibreringen kan forstærkes. For at gøre det lettere at placere føleren korrekt har vi fremstillet pladeskiver, der passer til deres komplekse emner, hvori de så har boret huller til føleren (se til højre), der kan justeres så både at holde prøveemnet og til at placere føleren konsekvent. Man kan vælge at bruge jernbøjningen til at sænke føleren i stedet for at gøre det manuelt.



Specialfremstillede emneholdere kan holde uhåndterlige prøveemner. Et eksempel er den orange pressemasse, der bruges til at holde popnittehoveder af zinkbelagt stål.

Næste og sidste del af denne artikelserie om belægninger på metalunderlag, omtaler de faktiske måleinstrumenter, og hvordan deres egenskaber gør måling, beregning og registrering meget nemmere, end hvis det foregik manuelt.

# Belægninger på metal – del 3

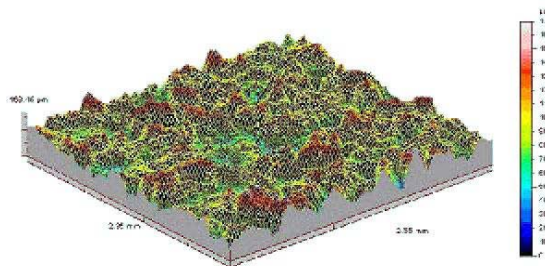
Lagtykkelsesmålerens egenskaber og teknikker til forenkling af måling, dataopsamling og -analyse.

## Kalibreringsteknikker

De første afsnit i denne artikelserie har vist, at instrumentets aflæsninger afhænger af, hvad der måles: materialet, dets krumning og dets ruhed er de vigtigste variabler. Justering af føleren, så den aflæser tykkelsesværdierne korrekt, kaldes **kalibrering**. Kalibreringen udføres oftest med folier eller underlagsplader af en kendt tykkelse placeret på et ubelagt prøveemne.

De fleste metalunderlag med glatte overflader giver "lineære" målinger. Det betyder, at hvis lagtykkelsen fordobles eller halveres, så gælder det samme for instrumentets aflæsning. På den type underlag udføres en **normal kalibrering** ved brug af en kendt tykkelse og et nulpunkt på den bare overflade.

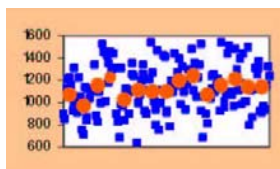
Ikkelineære underlag omfatter hårdt stål og visse typer rustfrit stål. På disse underlag vil en topunktskalibrering give gode aflæsninger over en kortere del af skalaen. Denne kalibreringsteknik kan bruges til tykke metalbelægninger på blødt stål og til tynde malinger på tyndtgalvaniseret stål, som f.eks. det der anvendes til bilkarrosserier. Topunktskalibrering hjælper også på sandblæste overflader og sandstøbninger, så man opnår aflæsninger, der ligger effektivt over toppen af spidsværdierne. I dette tilfælde viser den ubelagte overflade ikke nul men en værdi, der er lavere (minusværdi).



Kort over en "ru" sandblæst overflade. Dette område på 2,4 x 2,6 mm er lig F1 følerens spids, der er 2 mm i diameter, og som vil stå på mange af disse toppe.

Hvorvidt en specialkalibrering er nødvendig fastsættes ved en test, hvor nogle kendte tykkelser måles på plastik eller belagte prøveemner, hvorved afvigelsen fastsættes. Hvilken metode og hvilket instrument, der er mest velegnet, afhænger af kravene til den specifikke opgave og de forskellige modellens særlige funktioner.

## Gennemsnit



Metaloverflader, der er gjort ru, giver en række målinger, der afhænger af overfladeprofilens form, dens svingningsbredde og toppenes tæthed. Omfanget reduceres, ved at man beregner gennemsnittet af aflæsningerne på et antal forskellige steder (se grafen). Ru "non-ferro"-overflader har en stærkere effekt på aflæsningen end ru stål. Når man finder gennemsnittet af en gruppe aflæsninger, er resultaterne dog rimeligt ensartede, skønt der stadig er en vis variation. I grafen er den gennemsnitlige belægningsafvigelse ca. 95 – 125, men de individuelle aflæsninger varierer fra 600 – 1600. Denne teknik er gangbar, fordi den eliminerer "støjen" forårsaget af overfladens mekanik og følerens placering, og viser de "virkelige" aflæsninger.

## Statistik

**Gennemsnit eller middelværdi:** Summen af alle målinger divideret med antallet af målinger.

**Standardafvigelse:** En måling af omfanget eller spredningen af aflæsninger rundt om middelværdien af en normal fordeling.

**Variationskoefficienten** Standardafvigelsen divideret med middelværdien og vist som procent.

## Hukommelse

Det er ikke ofte, der foretages enkelte aflæsninger af lagtykkelsen. Ofte tages grupper af målinger, og resultaterne skal præsenteres i en overensstemmelsesrapport iht. specifikationerne. Man undgår at skrive tallene ned på papir ved automatisk at samle dem i instrumentets hukommelse som grupper eller i **serier**. Overførslen af disse aflæsninger til en computer, hvor de gemmes, efterfølges af en rapport. Det er praktisk at holde tallene i elektronisk form. Det betyder, at analyse kan foretages hurtigt, og at man undgår transskriptionsfejl. Nogle gange er det foreskrevet at bruge instrumenter med hukommelse.

**Elcometers dataoverføringsystem (EDTS)** er en software, der forbinder flere måleinstrumenter til et regneark.

**Elcometers dataopsamlingssystem (EDCS)** er en database eller et arkiv over målinger og kan udforme brugerspecifikke rapporter.

## Måleinstrumenter

Elcometer producerer to af de mest populære lagtykkelsesmålere:

- ④ Den alsidige 456-serie, der kan arbejde med mange forskellige følere. Der findes en TOP-version, der kan gemme mange målegrupper, en STANDARD-version med mindre hukommelse og en BASIS-version der har statistik, men ingen hukommelse.
- ④ Model 355, der har en større specifikation, og som er mere robust. Forskellen mellem TOP- og STANDARD-versionerne er først og fremmest hukommelseskapaciteten. Der kan tilsluttes mange forskellige følere.

Vi har nu set, hvordan man kan kontrollere lagtykkelsen på metaller i mange forskellige former, og hvordan man kan analysere og gemme resultaterne.