

NILU
Teknisk notat nr 70/74
Dato: Mars 1974
Ref.: IO-0-17.73

METODER TIL BESTEMMELSE AV
KORROSIJONSHASTIGHETEN I FELTEN
av

Svein E Haagenrud

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING
POSTBOKS 115, 2007 KJELLER
NORGE

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side
1 <u>INNLEDNING</u>	2
2 <u>GENERELT OM KORROSJONSMÅLINGER</u>	2
2.1 <u>Absolutte og relative korrosjonsdata</u>	3
2.2 <u>Plassering av målesonder</u>	3
3 <u>VEKTTAPSMÅLINGER</u>	4
4 <u>ELEKTRISKE MOTSTANDSMÅLINGER (ER-METODEN)</u>	6
5 <u>LINEÆR POLARISASJONSMOTSTAND (LPR-METODEN)</u>	9
5.1 <u>Teoretisk grunnlag</u>	9
5.2 <u>Praktiske målinger</u>	12
5.2.1 <u>Laboratoriemålinger med potensiostat</u>	12
5.2.2 <u>To-elektrode systemet</u>	13
5.2.3 <u>Tre-elektrode system</u>	16
5.3 <u>Anvendelser og begrensninger ved LPR-metoden</u>	17
6 <u>PRISER</u>	19
7 <u>VIDERE UNDERSØKELSER</u>	19
8 <u>LITTERATUR</u>	20
 BILAG	 21

METODER TIL BESTEMMELSE AV
KORROSIJONSHASTIGHETEN I FELTEN

1 INNLEDNING

NILU mener det bør foretas en større undersøkelse av den sure nedbørens virkning på korrosjonsforholdene i norske vannkraftverk (1). I den forbindelse må det arbeides med å finne egnede metoder til evaluering av korrosjonsforholdene. Det foreliggende notat er en presentasjon av de aktuelle metoder til bestemmelse av korrosjonshastigheten i felten. Notatet bygger på litteraturstudier og inntrykk fra et symposium i København om korrosjonsmålinger.

2 GENERELT OM KORROSIJONSMÅLINGER

Vekttapsmålinger var den første metoden som ble benyttet i noen utstrekning til bestemmelse av korrosjonshastighet. Dette er fremdeles den vanligste og mest brukte metoden.

I 1957 kom det på markedet en metode hvor korrosjonshastigheten bestemmes ved måling av forandringer i en prøveelektrodes elektriske motstand (ER-metoden). For denne metoden er det utviklet kommersielle instrumenter som også gir informasjon om korrosjonsforløpet i måleperioden.

I 1963 kom den første målemetoden basert på korrosjonens elektrokjemiske natur. Teknikken med måling av lineær polarisasjonsmotstand (LPR) gir informasjoner både om korrosjonshastighetens momentanverdi og om groptærings-tendensen.

Teorien for og bruken av disse tre målemetodene omtales i det foreliggende notat.

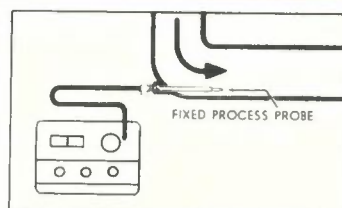
2.1 Absolutte og relative korrosjonsdata

Nøyaktigheten og påliteligheten av data for korrosjonshastighet vil alltid kunne diskuteres. Prøver installeres på spesielle steder i et prosess-system. På andre steder i systemet kan temperatur, trykk, hastighet og konsentrasjoner ha andre verdier. Siden disse parametre påvirker korrosjonshastigheten, kan korrosjonsdataene bare betraktes som absolutte for forholdene på målestedet og ved måletidspunktet.

Det er av meget stor betydning å oppdage forandringer i korrosjonshastigheten. Når forandring opptrer kan man ofte med god tilnærming anta at den samme prosentvise forandringen opptrer gjennom systemet.

2.2 Plassering av målesonder

For å få representative data må målesondene plasseres med omtanke. Figur 1 viser hvordan målesonden må plasseres for å måle korrosjonshastigheten på rørveggen. Hvis elektroden var plassert i senter av røret og perpendikulært mot strømmingen, ville den være eksponert mot en hastighet som ikke eksisterer på veggen. Ved å plassere sonden parallelt med og nær veggen, får man de mest representative data.



Figur 1: Målesonde i rør (3).

Typen av det forventede korrosjonsproblem må også vurderes. I et system med flere faser, må det måles i den fasen hvor korrosjonen vil opptre. Vann er tyngre enn olje, og ved måling av innvendig korrosjon i f eks oljetanker må målingene foretas i bunnen av tanken.

Ved erosjon har man en mekanisk løsrivning av metallet. Erosjonen kan derfor også aksellerere korrosjonen ved å "strippe" inhibitorsjikt eller korrosjonsprodukter som reduserer korrosjonshastigheten. For å måle slike effekter kan en målesonde plasseres i en albue mot strømningsretningen, slik at den eksponeres mot maksimal turbulensintensitet.

For å unngå galvaniske effekter isoleres målesondene vanligvis fra prosess-systemet. I visse tilfeller kan sondene jordes til systemet slik at de er delaktige i systemets anodiske eller katodiske beskyttelsessystem og derfor angir korrosjonshastigheter for det beskyttede system.

3 VEKTTAPSMÅLINGER

Vekttapsmålinger er den vanligste og mest brukte metoden for å bestemme korrosjonshastigheten. Prøvestykkene kan ha praktisk talt hvilken som helst størrelse og form, oftest brukes plater eller runde stenger. De består selvfølgelig av de samme materialer som materialene i prosess-systemet.

Prepareringen av prøvestykkene varierer sterkt. Generelt omfatter denne maskinering, avfetting, tørking, veiing og lagring av prøvene under luftørre forhold til de skal brukes. Eksponeringstiden er avhengig av den forventede korrosjonshastigheten og av hvor variabel hastigheten er forventet å være. Tiden varierer fra 1 dag til 6 måneder med 30 dager som det mest vanlige. (Eksempel på en prosedyre finnes i ASTM D935-49.) Prøvestykkene tas ut av systemet etter endt

eksponering, renses for korrosjonsprodukter, veies og vekttapet bestemmes. Kjenner man eksponeringstiden og legeringstettheten kan vekttapet eventuelt omregnes til enheter for tykkelsesminskning, som f eks mils per year (mpy) (= 0.025 mm pr år).

Prøvene undersøkes også med hensyn på groptæringer, spenningskorrosjon osv. Man bør ikke angi gjennomsnittlig tykkelsesminskning når det er vesentlige groptæringer til stede. Gropenes størrelse og utbredelse bør da angis.

Ved rensingen av prøveplatene for korrosjonsprodukter kan måleunøyaktigheter lett opptre. Spesielle prosedyrer må følges meget nøye for å få fjernet alle korrosjonsproduktene uten å fjerne noe ikke-korroderert metall.

Vekttapsmålinger gir gjennomsnittlige korrosjonsdata for eksponeringsperioden. For å finne eventuelle variasjoner i korrosjonshastigheten, er det nødvendig å bruke en rekke prøveplater som fjernes til bestemte tidspunkter. Prøveplatene bør installeres til samme tid, og platenes forskjellige vekttap brukes til å bestemme korrosjonshastigheten i påfølgende tidsperioder. Årsaken til at man ikke installerer en ny plate når den gamle fjernes, er at en ubehandlet, ikke-korroderert metalloverflate korroderer med en annen hastighet enn metallet som inngår i selve konstruksjonssystemet. På metallet i systemet dannes det korrosjonsprodukter eller inhibitorfilmer, og som oftest vil en prøveplate korrodere med en vesentlig høyere hastighet inntil den har fått bygget opp tilsvarende forhold på overflaten.

Andre ulemper ved vekttapsmålinger er den relativt lange eksponeringstiden, og at det er ganske mye laboratoriearbeid forbundet med slike målinger.

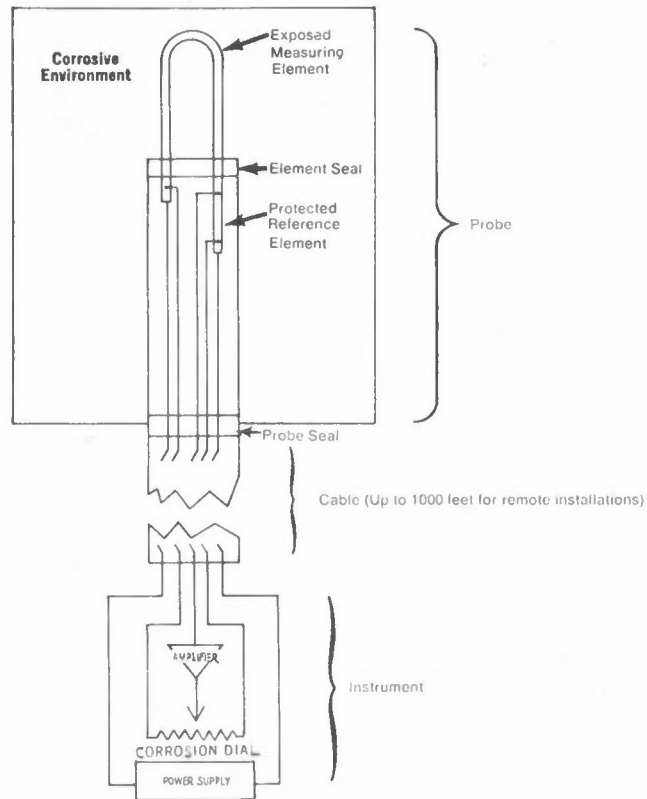
Problemstillingene ovenfor er bakgrunnen for at NILU vil satse på å utvikle korttidsmetoder for atmosfærisk korrosjonsprøving (2). Når det gjelder vandig korrosjon finnes det imidlertid kommersielle måleinstrumenter for bestemmelse av korrosjonshastighetens momentanverdi.

4 ELEKTRISKE MOTSTANDSMÅLINGER (ER-METODEN)

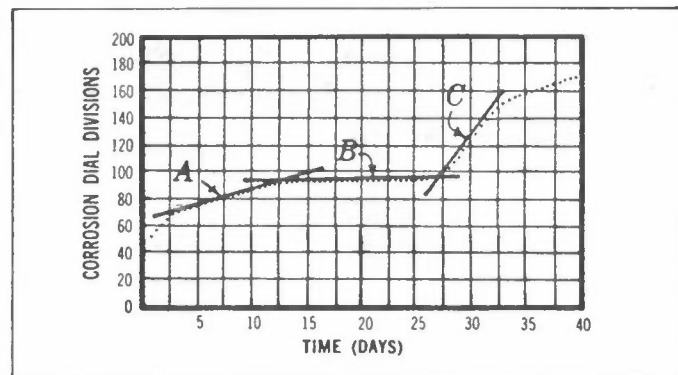
Forandringer i den elektriske motstand kan benyttes til å angi korrosjonshastigheten. Når tverrsnittet av en metalltråd avtar øker trådens elektriske motstand proporsjonalt. Ved korrosjon forsvinner metall fra tråden, og motstandsforandringen kan måles og omregnes til tykkelsesminskning (f eks mpy).

For å måle så små motstander, i størrelsesorden milliohm, trengs en nullbalanse målebro. I et system for elektriske motstandsmålinger påtrykkes spenningen til måle- og referanse-elementene, og det resulterende spenningsfallet balanseres over målebroens motstand. Siden referanse-elementet beskyttes fra det korrosive miljø, påvirker korrosjonen bare måle-elementets motstand. Denne motstandsforandring forårsaker en annen og ny motstandsverdi for målebroen.

Metallers motstand forandres med temperaturen, og referanse-elementet er derfor plassert inne i sonden, og er en forlengelse av måle-elementet. Referanse-elementet blir derved en automatisk temperaturkompensator. Siden det er nødvendig å beskytte referanse-elementet fra det korrosive miljø, vil imidlertid referanse-elementet reagere saktere på temperaturforandringer enn måle-elementet. Når man måler i systemer hvor temperaturen er utsatt for raske svingninger kan dette derfor forårsake målefeil. Ved tolkning av avlesningene kan effekten av slike feil reduseres. Figur 2 viser prinsippet for målingene.



Figur 2: Måleprinsipp for ER-metoden (3).



Plot of data from probe log. The corrosion rate formula and a probe multiplier of 10 applied to slope A gives a rate of $\frac{85 - 75}{10 - 5} \times .365 \times 10 = 7.30$ MPY. Slope B would yield a zero rate while slope C indicates an accelerated corrosion rate.

Figur 3: Korrosjonsdata fra ER-metoden (3).

Figur 3 viser et typisk dataplott etter denne målemetoden. Linje B angir nesten null korrosjonshastighet, linje A angir større hastighet og linje C gir meget høy korrosjonshastighet. Vinkelkoeffisientene omregnes til tykkelsesminskning ved følgende ligning:

$$(1) \quad \text{korrosjonshastighet (mpy)} = \frac{\Delta\text{CDR}}{\Delta T} \cdot 0.365 \cdot \text{PM}$$

hvor

ΔCDR = corrosion dial reading = forandring i instrumentavlesning i løpet av ΔT .

ΔT = tidsintervallet i dager for ΔCDR .

0.365 = en faktor som omformer dager til år og mikrotommer til mils (= 0.025 mm).

PM = probe multiplier = sondefaktor. Den er en funksjon av den totale tykkelsesminskningen som et gitt måle-element tåler.

Fra figur 3 ser man at under antakelse av en sonde på 40 mils har det i slutten av 30-dagers perioden skjedd en samlet korrosjon på 1.3 mils (130 delestreker multiplisert med 10 mikrotommer pr delestrek).

Ved ER-metoden fås den totale korrosjonen helt tilsvarende som ved vekttapsmålinger, men samtidig kan korrosjonshastigheten for ønskede tidsperioder beregnes. Ved vekttapsmålinger ville de eneste opplysningene vært den gjennomsnittlige korrosjonshastigheten i løpet av 30 dager. ER-metodens store fordel framfor vekttapsmålinger er nettopp at den gir mulighet for å oppdage hastighetsforandringer.

Instrumenter og sonder for elektriske motstandsmålinger er tilgjengelige både for laboratoriearbeid og feltarbeid. (Bilag side 1 og 2.) For prosessanvendelse brukes både permanente og uttrekkbare soner. I prinsippet kan elektriske motstandsmålinger brukes i ethvert miljø; væske, damp, blandfasesystem, i bakken osv. I praksis setter konstruksjonsmaterialene for sondene en grense for hvor de kan brukes.

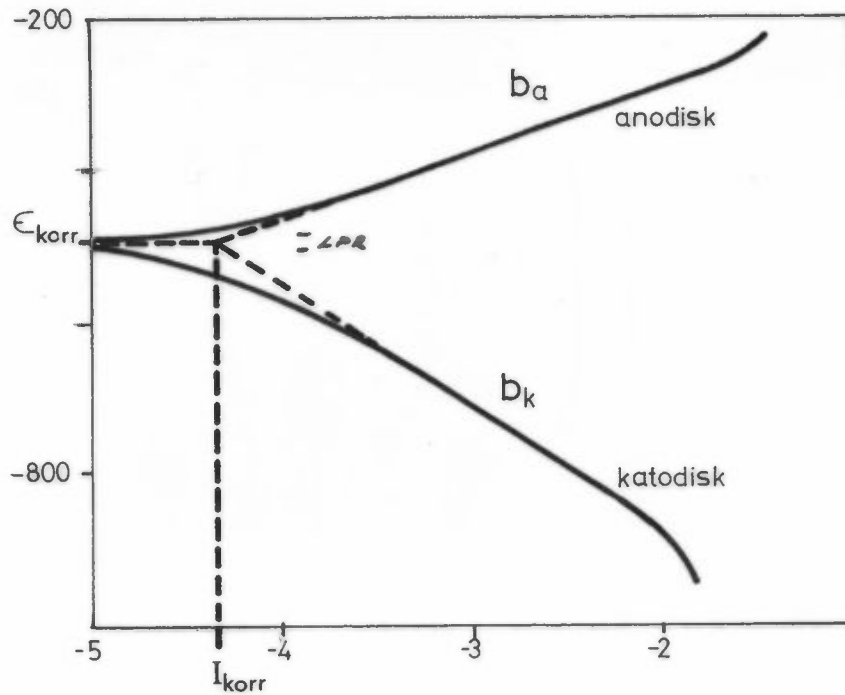
5 LINEÆR POLARISASJONSMOTSTAND (LPR-METODEN)

5.1 Teoretisk grunnlag

Denne metoden er basert på elektrokjemisk korrosjonsteori; nærmere bestemt på den lineære relasjonen mellom små polarisasjoner og korrosjonshastigheten.

Korrosjonsstrømmen er ikke direkte målbar. Polarisasjonskurvene for metallet kan imidlertid brukes til å bestemme korrosjonsstrømmen. Et eksempel på dette er vist i figur 4.

Med logaritmisk strømskala får kurvene et rettlinjert område (Tafel-området), og ved ekstrapolering av disse linjene til korrosjonspotensialet ϵ_{korr} fås korrosjonsstrømmen I_{korr} . Vinkelkoeffisientene på disse linjene, Tafel-gradientene b_a og b_k , gir opplysninger om korrosjonsmekanismen.



Figur 4: Bestemmelse av korrosjonshastighet ved ekstrapolering av polarisasjonskurvens Tafel-linjer til korrosjonspotensialet.

Denne metoden er tidkrevende og de store polariseringsstrømmer man her framkaller, bevirker at selve korrosjonsprosessen ofte forstyrres. Disse problemene har man ikke ved den lineære polarisasjonsmotstandsmetoden (LPR-metoden).

LPR-metoden er basert på kurveforløpet i området opp til 10 millivolt på hver side av korrosjonspotensialet. (Avmerket på figur 4, detaljert på figur 5.) I dette området er det en tilnærmet rettlinjet relasjon mellom potensial og strøm; ikke som i Tafel-området mellom potensial og logaritmen til strømmen. Vinkelkoeffisienten for denne linjen kalles gjerne polarisasjonsmotstanden, R_p . Det kan vises at R_p er omvendt proporsjonal med korrosjonsstrømmen (= korrosjonshastigheten) etter

$$(2) \quad R_p = \frac{\Delta E}{I} = k \frac{1}{I_{\text{korr}}}$$

hvor $\Delta\varepsilon$ er polarisasjonen = $\varepsilon - \varepsilon_{\text{korrr}}$, og k er en proporsjonalitetskonstant som kan bestemmes ved korrelasjon med andre typer korrosjonsmålinger, som f eks vekttap. Den kan også uttrykkes som en elektrokjemisk størrelse

$$(3) \quad k = \frac{b_a \cdot b_k}{2.3 (b_a + b_k)}$$

b -verdiene varierer fra system til system, og for å bestemme k nøyaktig må disse være kjent. De bestemmes fra polarisasjonskurvene. Fordi b -verdiene vanligvis varierer innenfor et relativt snevert område, er det uten noe kjennskap til systemets elektrokjemi likevel mulig å bestemme korrosjonshastigheten i et gitt system med en usikkerhetsfaktor på 2 med denne LPR-metoden.

Hvis én av reaksjonene er kjent, reduseres usikkerheten i k , således om man f eks vet hvorvidt katodereaksjonen er oksygenreduksjon eller hydrogenutvikling. For en rekke aktuelle korrosjonssystemer kan man finne b -verdier i litteraturen.

Korrosjonshastigheten for et gitt system kan ofte variere over 3 dekader, og en bestemmelse innenfor en faktor av 2 kan være tilfredsstillende i en rekke tilfeller.

Innenfor samme elektrokjemiske system er variasjonene i b -verdiene, og derved k -verdien, meget små. Metoden er derfor spesielt egnet for målinger av relative forandringer i korrosjonshastigheten forårsaket av forandringer i f eks temperatur eller strømningshastigheter.

En meget aktuell anvendelse av metoden vil være som hjelpemiddel til kartlegging av korrosjonsforholdene i kraftverk som funksjon av vassdragenes surhetsgrad. Dette er et system hvor korrosjonshastigheten ved $\text{pH} > 5.5$ vil være oksygenbestemt. Da er b_k tilnærmet lik $-\infty$ og ved innsetting av ligning (3) i ligning (2) fås

$$(2) \quad \frac{\Delta \epsilon}{I} = \frac{b_a}{2.3 \cdot I_{\text{korrr}}}$$

Ved surere miljø vil også hydrogenutviklingen komme inn og b_k -verdien vil forandres. b_a -verdien finnes fra litteraturen.

5.2 Praktiske målinger

5.2.1 Laboratoriemålinger med potensiostat

Polarisasjonsmotstanden kan bestemmes i laboratoriet ved hjelp av en potensiostat. Til potensiostaten er koplet en prøve-elektrode, en hjelpe-elektrode og en referanse-elektrode. Prøve-elektroden består av den legeringen som man ønsker korrosjonshastigheten for, hjelpe-elektroden lages ofte av platina og referanse-elektroden er vanligvis en kalomel-elektrode. Prøve-elektroden polariseres maksimalt 10 mV fra sitt korrosjonspotensial og strømmen og polarisasjonen registreres.

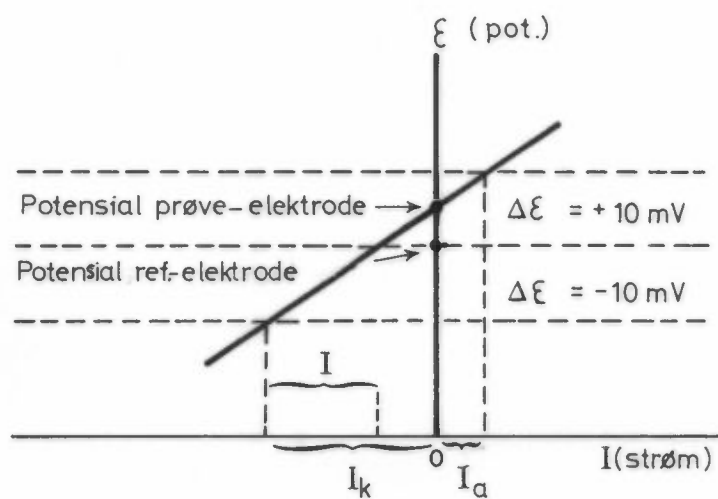
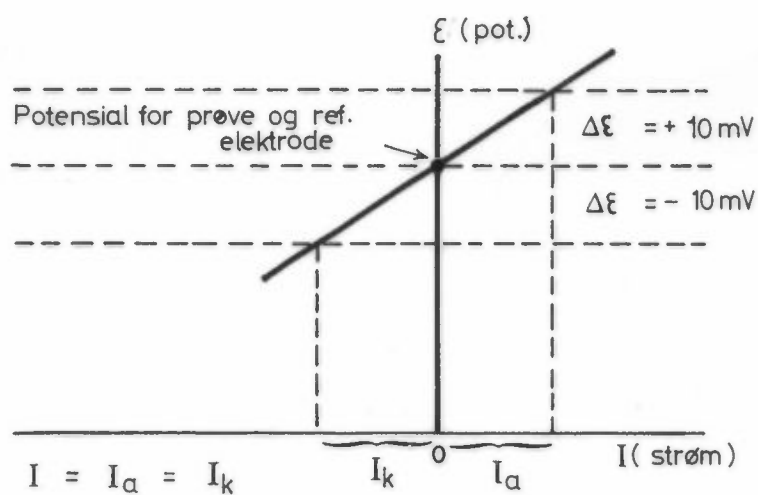
Det er utviklet kommersielle instrumenter basert på LPR-metoden. Instrumentene er basert på to forskjellige typer av målesonder; enten sonder med to eller tre elektroder.

5.2.2 To-elektrode systemet

At polarisasjonen måles relativt til korrosjonspotensialet gjør det mulig å benytte en referanse-elektrode av samme metall som prøve-elektroden. De to elektrodene skal da vise samme elektrodepotensial når de eksponeres mot samme korrosive miljø. Referanse-elektroden virker derfor som en automatisk kompensator for korrosjonspotensialet.

Av ligning (2) framgår at hvis den samme polarisasjonen $\Delta\epsilon$ benyttes i hver måling, vil strømmen I være et direkte uttrykk for polarisasjonsmotstanden. Ved innsetting av relevante konstanter for det aktuelle system er det derfor mulig å få en direkte registrering av systemets spontane korrosjonshastighet. Ved de kommersielle instrumenter får man automatisk en serie målinger ved hjelp av et potensiostatisk system og påtrykking av en pulserende polarisasjonsspenning.

Korrosjonspotensialet for referanse-elektroden og den upolariserte prøve-elektroden har samme verdi bare når det er generell flatekorrosjon. Dette er sjelden tilfelle. Vanligvis er det noen få mV forskjell i de to elektrodenes korrosjonspotensial. Prøve-elektroden polariseres 10 mV vekk fra referanse-elektrodens korrosjonspotensial, og dens polarisasjon blir derfor litt mer eller litt mindre enn 10 mV, avhengig av om referanse-elektroden er mer eller mindre edel enn prøve-elektroden. Når 10 mV er satt som beregningsbasis introduserer man derved en feil. For å kompensere dette må det polariseres både i anodisk og katodisk retning. Middelveiden av de to avlesningene gir strømmen for 10 mV polarisasjon og derfor også den korrekte verdien for den generelle korrosjonen. Forholdene er anskueliggjort i figur 5.



Figur 5: Polarisasjonsmotstand målt med referanse-elektrode av samme metall.

- a) Begge elektrodene har det samme korrosjonspotensial.
- b) Prøve-elektroden litt edlere enn referanse-elektroden.

Forskjellen i de to avlesningsverdiene gir et kvalitativt mål på forskjellen i korrosjonsforhold for de to identiske elektrodene. Denne forskjellen, $I_a - I_k$ kan oppfattes som et uttrykk for tendensen til ujevn eller lokal korrosjon, og refereres ofte til som groptæringsindeksen. I prinsippet gir forskjellen i korrosjonspotensialer den samme informasjon, men denne forskjellen er mindre følsom enn strømforskjellene. Erfaringer viser at gropene er trange og dype hvis groptæringsindeksen er større enn den generelle korrosjonshastighet. Jo større forholdet er mellom groptæringsindeks og generell korrosjonshastighet, jo mer gjennomtrengende er gropene. Et forholdstall < 1 indikerer at gropene er brede og grunne.

Denne metoden er den eneste som gir informasjon om groptæringskorrosjon. Ellers får man bare informasjoner om den generelle korrosjonshastighet ved vanlige elektrokjemiske målinger.

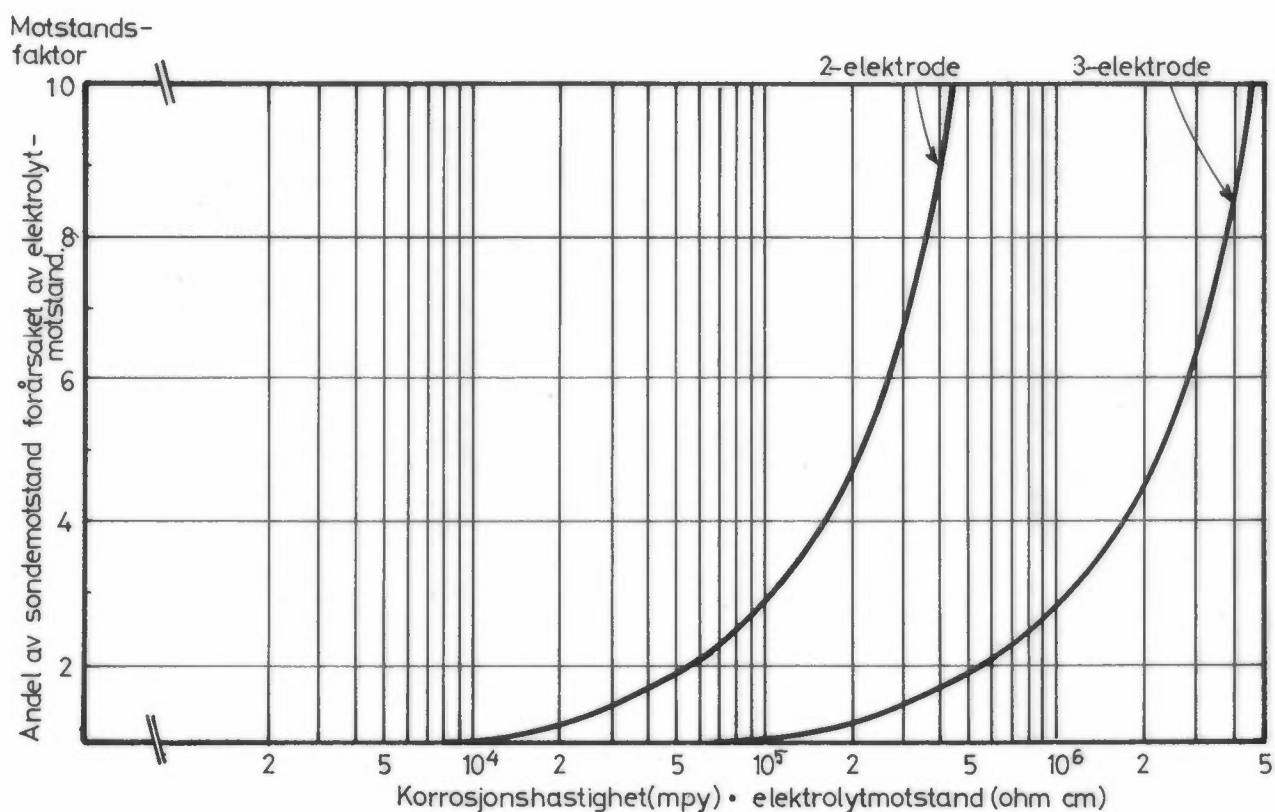
For at strømmene skal kunne avleses på instrumentene i de vanlige enheter for korrosjonshastigheter, har det vært nødvendig å foreta to typer av kalibreringer:

- Korrosjonshastigheten er også målt med andre metoder, som f eks vekttap.
- Man har måttet korrigere for det spenningsfall som oppstår mellom elektrodene proporsjonalt med strømmen som flyter mellom elektrodene.

Instrumenter og sonder for lineære polarisasjonsmålinger er tilgjengelige både for laboratoriearbeid og feltarbeid. I bilag 3 - 5 er vist et instrument for feltarbeid, Corratel 1171D, med forskjellige typer målesonder. Produktene er fra firmaet Magna Chem., med det finnes også andre alternativer på markedet.

5.2.3 Tre-elektrode system

Tre-elektrode målesonden er konstruert for at man skal kunne måle også i elektrolytter med meget liten ledningsevne. Ved å plassere referanse-elektroden meget nær prøve-elektroden reduseres spenningsfallet gjennom løsningen (figur 6). Spenningsforholdet avhenger ikke bare av løsningens motstand, men også av strømmen som flyter. For å fastlegge motstandskorreksjonen brukes en faktor som kombinerer korrosjonshastighet og løsningens motstand.



Figur 6: Praktisk operasjonsområde for to- og tre-elektrode sonder (4).

5.3 Anvendelser og begrensninger ved LPR-metoden

På grunn av korrosjonens tidsavhengighet er det visse tidsfaktorer forbundet med LPR-metoden. For det første må sonden få tid til å korrodere før dens korrosjonshastighet kan sies å være representativ for et system. Tidene varierer fra 20 minutter for aggressive systemer til 1 - 2 dager for godt inhibierte systemer.

For det andre tar det en viss tid å lade opp det elektrolytiske dobbeltsjikt fra spenningen først settes på elektrodene. Det trengs fra 30 sekunder til 3 minutter for å innstille riktig verdi. Som håndregel kan man si at den riktige tiden for avlesning er når måleverdien forandrer seg mindre enn 1% av fullt utslag i løpet av 5 sekunder.

To-elektrode metoden er begrenset til 0.1 mega ohm cm løsninger, mens tre-elektrode metoden antas å være brukbar opptil 1 mega ohm cm løsninger. Konstruksjonsmaterialet for sonden, spenningskilden for polariseringen og signalforstyrrelsen (størrelsen på strømmen sammenlignet med gjennomsnittlige strømvariasjoner) er begrensninger ved måleteknikken. En fordel er det at selve måle-elektrodene er lette å demontere og lette å lage.

To-elektrode metoden gir både groptæringsindeks og generell korrosjonshastighet, mens løsningens motstand kan påvirke avlesningene. Den er begrenset til bruk i løsninger med mindre motstand enn 0.1 mega ohm cm. Instrumentene vil denne metoden er de billigste (kapittel 5) og mest brukte.

Tre-elektrode metoden med platina-referanse-elektrode gir direkte generell korrosjonshastighet og er relativt upåvirket av løsningens motstand når den er under 1 mega ohm cm. Opplysninger om groptæringstendensen får man ikke.

Den modifiserte tre-elektrode metoden med prøve- og referanse-elektroder av samme materiale, gir groptæringsinformasjon såvel som generell korrosjonshastighet, og er fortsatt upåvirket av løsningsmotstand når denne er under 1 mega ohm cm. En ulempe ved tre-elektrodesonden er dens større tendens til begroning (fouling).

LPR-metoden er meget anvendelig når formålet er å oppdage forandringer i korrosjonshastigheten hurtigst mulig. Hurtigheten ved disse målingene tillater automatisk kontroll av inhibitorer. I denne forbindelse har groptæringsindeksen gitt mer nyttige opplysninger enn den generelle korrosjonshastigheten, fordi utilstrekkelige inhibitortilsatser forårsaker groptæringer heller enn vesentlig økt generell korrosjonshastighet. Lineære polarisasjonsmotstandsmålinger har vist seg brukbare ved utvelgelse av legeringer for saltvannsanlegg, for oksygenkontroll i vannledninger og ved korrelering av korrosjonshastigheter med styring av prosessbetingelsene.

Lineære polarisasjonsmotstandsmålinger er begrenset til væsker med mindre enn 1 mega ohm cm motstand. De kan ikke brukes i gasser, og er begrenset av konstruksjonsmaterialene for sonden.

6 PRISER

Tabell 1: Priser for instrumenter og sonder til laboratorie- og feltarbeid (ekskl. moms) 1974-priser.

Metode	Instrumenter	Pris	Sonder	Pris
ER	Corrosometer CK - 2 (Bilag 1)	5 600	Modell 60463 Atmosfærisk (Bilag 2)	200
LPR	Corrater 1171D for 2-elektrode (Bilag 3)	3 600	Retractable process probes (Bilag 5)	1 300
	Corrater 1120 2- og 3-elek- trode (Bilag 4)	5 900	Laboratory probe (Bilag 5)	500

7 VIDERE UNDERSØKELSER

På grunnlag av de foreliggende vurderinger har NILU nå gått til innkjøp av en Corrater 1120 for bestemmelse av korrosjonshastigheten både i laboratoriet og i felten. Foreløpig er det kun kjøpt inn laboratoriesonder.

En har utformet forsøksopplegg for å bestemme sammenhengen mellom korrosjonshastigheten og vannets surhetsgrad i laboratoriet. Forsøkene vil bli igangsatt i nær framtid. Man vil benytte vekttapsmålinger og samtidig korrelere disse med lineære polarisasjonsmålinger med Corrater 1120.

8 LITTERATUR

- (1) Haagenrud, S.E. Undersøkelse av korrosjonsforholdene ved Suvdøla kraftverk, Drangedal. NILU oppdragsrapport nr ../74, mars 1974
- (2) Haagenrud, S.E. Korttidsprøvning med galvanisk celle. NILU teknisk notat nr 64/73, november 1973.
- (3) Feitler, H. Mat. Prot. & Perf. 9 (1970), s. 37.
- (4) Electrochemical measuring devices for corrosion. Symp. ved Int. Scand. Congr. on Chem. Eng., Copenhagen 28th - 30th Jan. 1974.

BILAG

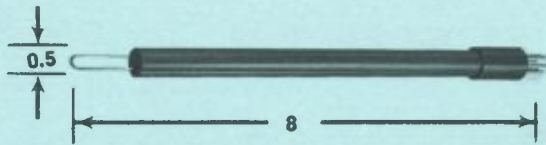
BILAG 1



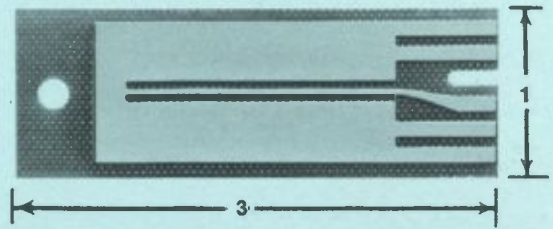
MAGNA PORTABLE CORROSOMETER® MODEL CK-2

- Exclusive electrical resistance method of measuring corrosion.
- Reads CORROSOMETER probes of any type and any alloy for measurements in laboratory, plant or field.
- Obtains a reading in 30 seconds.
- Detects as little as one micro-inch of corrosion penetration.
- Weighs only 8.5 pounds. Easy to carry from one corrosion sensing probe to another for readings at many locations.
- Solid state circuits; long-life mercury batteries.
- Built-in standard for quick check of instrument's integrity.
- Durable, anodized aluminum case with gasket seal.

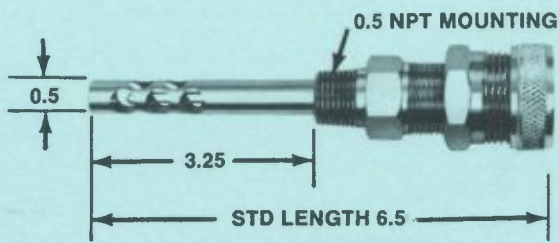




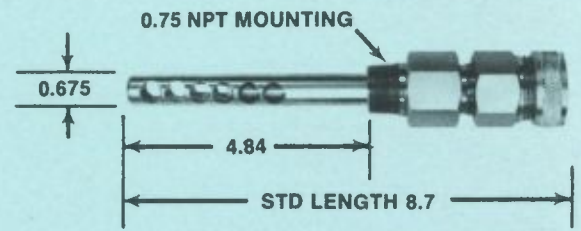
MODEL 1032 LABORATORY PROBE
(Model 1036 Laboratory Probe same with attached cable)



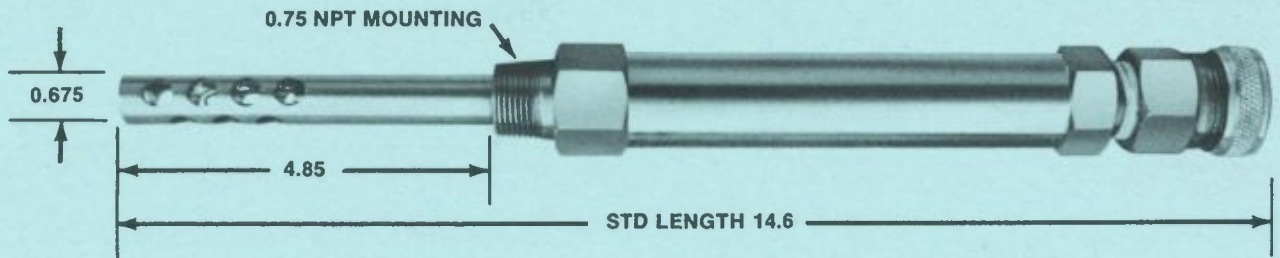
MODEL 60463 ATMOSPHERIC PROBE
(Model 60760 Underground Probe same with attached cable)



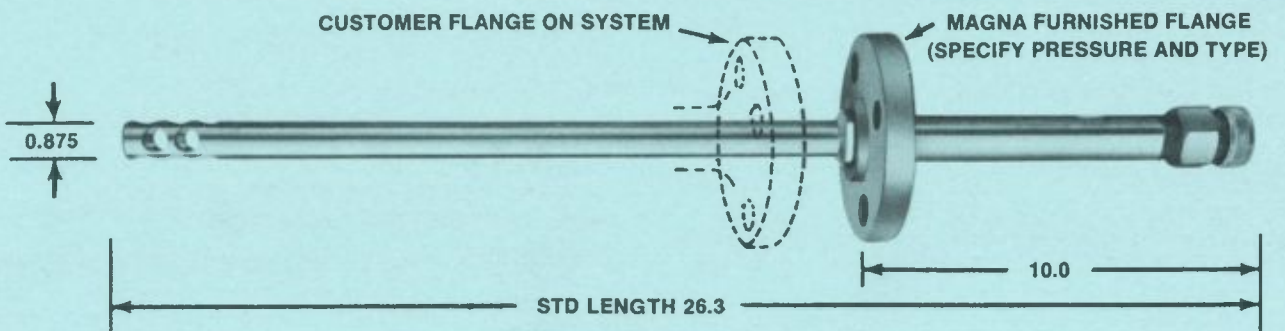
2000 SERIES PROBE



2100 SERIES PROBE



2300 SERIES PROBE



2200 SERIES PROBE

MODEL 1171D CORRATER

- 24 -

BILAG 3



- Reads 2-electrode probes
- Corrosion rate by average of two readings
- Pitting by difference of two readings
- 10, 100 and 1,000 mpy ranges

GENERAL INFORMATION

The 1171D CORRATER is an improved version of the 1170/1171 CORRATERs. It provides direct readout of corrosion rate and pitting tendency without conversion charts, and has been repackaged into a smaller case with a leather exterior for protection and ease of handling. The entire design is aimed at providing, at the lowest possible cost, a rugged, reliable utility instrument for use in laboratory and field. The 1171D uses the widely applicable 2-electrode probe and does not require zeroing prior to making measurements. Any zero offset is cancelled by taking the average of two readings, and pitting tendency is measured as the difference in these same two readings.

Correction for solution resistance effects is unnecessary if the product, corrosion rate times resistivity, is less than 10,000 ohm-cm-mils/year. Correction curves are supplied for correcting readings taken when conditions cause this value to be exceeded.

SPECIFICATIONS

Accuracy	$\pm 5\%$ of full scale
Repeatability	$\pm 1\%$ of full scale
Range	0-1,000 millinches per year in ranges of 10, 100 and 1,000 full scale
Power	One "D" size mercury cell, 1.35 V
Probe Type Used	All 2-electrode probes
Corrosion Rate Measurement	Direct average of A and B readings
Pitting Tendency Measurement	Direct difference of A and B readings
Weight	Approximately 5 pounds
Meter Case	Anodized aluminum
Carrying Case	Black leather, 9½" x 6¼" x 4½" with permanently attached cover and rigid handle for carrying or propping instrument on bench.

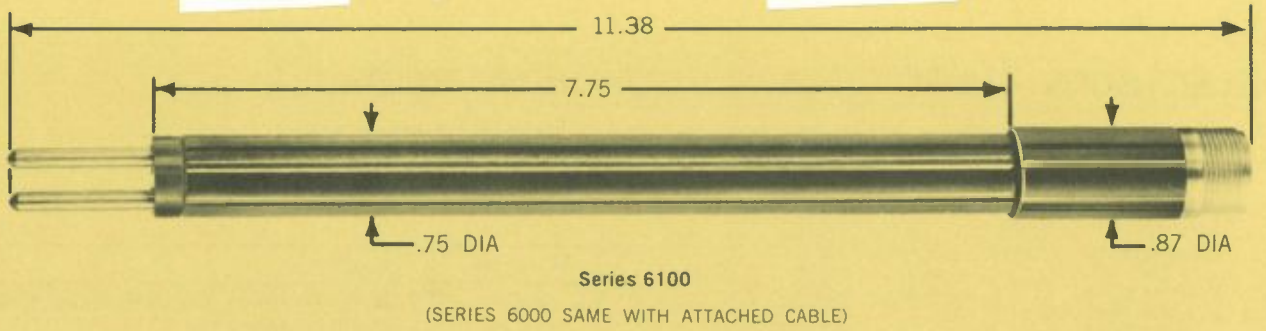


FIGURE 1. LABORATORY PROBE

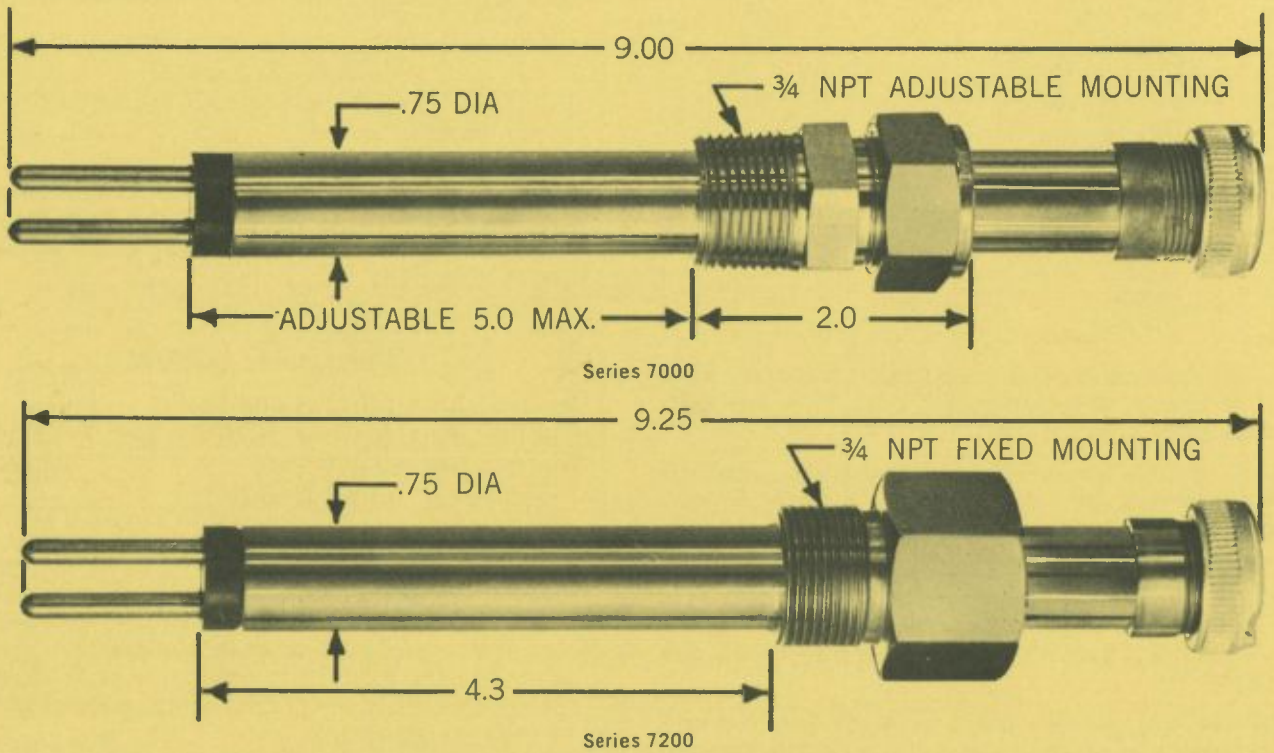
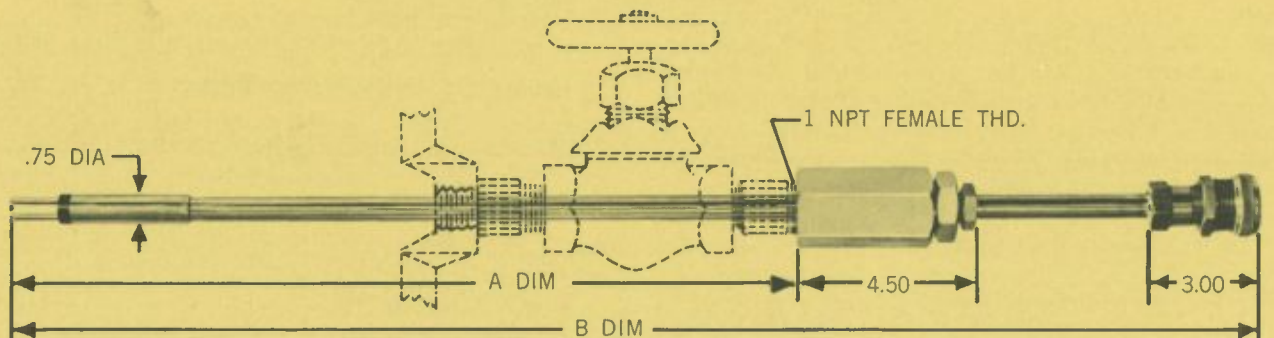


FIGURE 2. FIXED PROCESS PROBES



STD. LENGTH	A DIM.*	B DIM.
18"	17.5	24.7
24"	23.5	30.7
30"	29.5	36.7
36"	35.5	42.7

*A DIMENSION IS WITH PROBE FULLY INSERTED IN PACKING GLAND

FIGURE 3. RETRACTABLE PROCESS PROBE

All dimensions in inches. Probes shown are 2-electrode style. 3-electrode style probes have identical dimensions.

BILAG 6

ELECTRODE ALLOY CHART

Magna No.	Alloy	Standard Availability (1) and Pricing	Special Availability (2) and Pricing
8001	1010 MS	X	
8002	1015 MS	X	
8003	1020 MS	X	
8013	304 SS	X	
8014	304L SS		X
8020	316 SS	X	
8021	316L SS		X
8024	321 SS	X	
8030	410 SS		X
8040	502 SS	X	
8043	Carp 20 (Cb3)		X
8048	Nickel	X	
8054	Monel 400		X
8057	Inconel 600		X
8060	Cu/Ni 70/30		X
8061	Copper	X	
8062	Cu/Ni 90/10		X
8064	Al/Brass		X
8065	Phos/Bronze A		X
8068	Si/Bronze		X
8070	Red Brass		X
8079	Al 6061-T6	X	
8080	Al 1100-0	X	
8081	Al 3003		X
8082	Al 6063	X	
8085	Al 2024	X	
8093	Titanium	X	