

DELTATEST

ALLMÄN INFORMATION

Det följande är en förkortad sammanfattning av den information TK gått ut med, inom Sverige, under senare tid. Avsikten är att successivt uppdatera informationen inkl komplettera med fler registreringar.

BAKGRUND

Det ursprungliga DELTATEST-systemet utvecklades av TK för detektering av sprickor på varma (>Curie-temp) ämnesytor, och då företrädesvis grova slabsytor.

De utrustningar för sprickdetektering på ämnen inkl givare, som TK levererat har fungerat bra under mer än 10.000 timmars drift över varm (ca 800°C) sträng.

De problem som förekommit har samtliga relaterat sig till mekanisk utrustning (s k givarmanipulator) som ej levererats av TK (helt utanför TKs ansvarsområde).

Som exempel har TK inte haft anledning att utföra en enda garantireparation på levererade DELTATEST-utrustningar under årens lopp.

De dokumenterade och verifierade prestanda TK uppnått (detekterat sprickdjup på varma slabs : ca 1 mm) med den gamla generationen DELTATEST, i produktionsanläggningar, står sig förmodligen bra än i dag.

I samband med Sveriges EU-inträde infördes s k EMC-direktiv för bl a all elektronikutrustning som marknadsförs och säljs inom EU. Vid s k virvelströmsprovning innebär EMC-direktiven vissa begränsningar. En konsekvens av detta blev att det av TÖRNBLOMS KVALITETSKONTROLL (TK) tidigare, under flera år, marknadsförda DELTATEST-systemet för ämnesprovning inte längre kunde marknadsföras.

Mot denna bakgrund, och med målsättningen att kunna erbjuda marknaden en prestandamässig bättre utrustning till lägre pris än tidigare, med minimalt risktagande, påbörjade TK därför konstruktionen av en helt ny EMC-anpassad generation mättelektronik, som nu är i stort klar, och som ersätter den tidigare generationen DELTATEST.

Under arbetets gång med att utveckla nästa generation av DELTATEST har så stora tekniska framsteg gjorts att de i TKs perspektiv, närmast är att betrakta som **tekniska genombrott**, som radikalt ändrade på förutsättningarna att detektera mycket små sprickor, på både kallt (<Curie temp) och varmt (> Curie temp) material. Till grund för detta ligger flera nya patentsökta uppfinningar.

Konsekvenserna blev t o m så genomgripande för mättelektroniken att flertalet av TKs tidigare patent, i ett slag blev inaktuella, samtidigt som användningsområdet vidgades väsentligt.

Utveckling och konstruktion har pågått kontinuerligt sedan 1996, och under utvecklingsfasen har ingen marknadsföring ägt rum, utöver distribuering av begränsad underhandsinformation.

Det rör sig om ett mycket omfattande och genomgripande utvecklingsarbete, som nu resulterat i att det i dag finns prototyper för både metalldetektering och sprickdetektering tillgängliga för demonstration hos TK.

MÅLSÄTTNING

TKs målsättning är att i första hand fortsätta utveckla och marknadsföra virvelströmsutrustningar avsedda för sprickdetektering, men är även intresserad av att komma i kontakt med företag som har intresse av att ev förvärva, helt eller delvis, äganderätt och tillverkningsrätt till DELTATEST.

TK är likaså intresserad av att sälja DELTATEST mätenheter på OEM-bas till företag som önskar tillverka sina egna mätutrustningar baserade på i DELTATEST ingående teknik.

Utöver ren sprickdetektering finns det flera intressanta tillämpningsområden för DELTATEST, t ex geologisk prospektering , metalldetektering, mm, inom vilka TKs nya teknik kommer att testas.

KÄNNETECKNANDE

Kännetecknande för den nya generationen DELTATEST är användandet av väsentligt högre s k bärfrekvenser än vad som normalt är brukligt i konventionella virvelströmsbaserade utrustningar. Dessa höga bärfrekvenser, som normalt ligger inom intervallet 10 – 100 MHz, ställer speciella och höga krav på mätelektroniken, men ger i gengäld stora mättekniska fördelar.

Denna nya virvelströmsteknik, som även innefattar vidareutveckling av TKs unika och beprövade mätprinciper för ämnesprovning, kännetecknas av prestanda som, hög känslighet, hög störimmunitet, god lägesundertryckning, beröringsfri mätning, och stort s k lift-off-arbetsområde.

Den nya generationen DELTATEST, är avsedd för att detektera sprickor och andra defekter, på både plana och runda ytor, från 0 till > 1000 °C. Likaså uppvisar det nya DELTATEST utmärkta resultat på både omagnetiskt och magnetiskt material.

En ny unik, givarmatningselektronik, med mycket hög givarverkningsgrad, har även tagits fram, till den nya generationen mätelektronik.

Någon teknisk motsvarighet till den nya generationen DELTATEST finns ej att tillgå på marknaden, såvitt TK känner till. Reaktionen på inlämnade patentansökningar stödjer denna uppfattning, liksom kommentarerna till utförda prov.

RESULTAT

Resultatet av hitintills utförda prov har blivit **över all förväntan**, och TK hoppas och ser fram mot att få utföra jämförande tester, parallellt med konkurrerande utrustningar.

För att åskådliggöra vilka prestanda som inledningsvis uppnåtts med den nya generationen mätelektronik, inkl givare, har TK valt att **öppet redovisa** (v g se den engelska versionen) typiska exempel på sprick-registreringar, från de inledande proven. Avsikten är att senare komplettera med ytterligare registreringar. Registreringar är i alla avseenden äkta och har m a o ej manipulerats/förskönats via t ex dolda trösklar o dyl. Observera att samtliga registreringar alltid refererar till helt beröringsfri mätning, med tillfredsställande luftspalt mellan givaren och provobjektets yta.

Som framgår av registreringarna detekteras 0,075 till 0,080 mm djupa sprickor med bra signal-stör-förhållande (S/N : > 10), vid ett lift-off-avstånd av 1,0 mm, trots att använda bärfrekvenser liksom givare, i detta fall av kostnadsskäl, ej är optimalt valda.

En rimlig uppskattning är därför att sprickor med ett djup kring **0,020 mm (20 µm)** redan nu bör kunna detekteras med acceptabelt signal-stör-förhållande (S/N > 3).

För att god överensstämmelse skall råda mellan artificiella och naturliga sprickor, gäller generellt vid virvelströmsmätning att **förhållandet** mellan sprickdjup och sprickbredd är tillräckligt stort (**helst > 5**), samt att sprickbredden är **väsentligt mindre än den minsta givarsondens aktiva diameter**.

Om dessa förutsättningar ej uppfylls är risken stor att det i stället för sprickan är avsaknandet av material som detekteras, eller kanske bättre uttryckt, en varierande lift-off-signal !

Det bästa är givetvis alltid att om möjligt arbeta med naturliga sprickor för att undvika felaktiga och missvisande mätningar p g a felaktigt tillverkade artificiella sprickor.

Svårigheten för TK att tillverka artificiella sprickor med tillräckligt liten bredd, vid små sprickdjup, har hitintills begränsat de artificiella sprickornas djup till ca 0,25 mm.

Efter att ett företag varit tillmötesgående och ställt trådprover, innehållande naturliga ytsprickor av känt djup, till vårt förfogande, har TK fått möjlighet att testa den nya mätelektronikens sprickdetekteringsförmåga mot grunda **naturliga sprickor**. Dessa naturliga sprickorna har ett djup på **0,075 till 0,080 mm**.

Förenklat kan man säga att det vid fin yta inte finns någon teoretisk gräns för DELTATEST-systemets sprickdetekteringsförmåga på fin yta, utan denna gräns sätts av praktiska omständigheter, som t ex svårigheten att tillverka givarsonder till rimligt pris, mm.

Resultatet från några enkla förberedande prov på rostfri rund valstråd bekräftar att förutsättningarna att även detektera så kallade "långa fel" i rund tråd och stång, med den nya generationen DELTATEST, är mycket goda. Detta gäller både kallt och varmt material.

Beträffande **ämnesprovning** har det nya DELTATEST-systemet, jämfört med den tidigare generationen, medfört att väsentligt mindre sprickor nu kan detekteras, och att detta kan ske vid utökat lift-off-avstånd. Nyligen utförda prov visar att sprickor detekteras med bra signal-stör-förhållande vid ett avstånd mellan givare och provyta som **tom är större än 10 mm !**

ELEKTRONIK

Allt i DELTATEST ingående teknik baseras genomgående på egna uppfinningar, som utvecklats och patentsökts av TK.

Flerparten av konventionella virvelströmsutrustningar består ofta av en enkel mätelektronik, vars filter, fasvinklar och nivåer manövreras via en dator.

DELTATEST å andra sidan, består av en autonom sofistikerad hårdvarubaserad mätelektronik, som på grund av krav på mycket snabb exekveringshastighet, ej har behov av dator.

Vissa funktioner i DELTATEST är helt enkelt så snabba att dagens datorer ej klarar av att utföra dem.

Dator användes dock för registrering och presentation av mätdata när så är lämpligt.

Merparten av alla inställningar är engångsinställningar, gjorda före leverans.

Elektroniken som betjänar en givare (kanal) benämnes **mätenhet**, och kan betraktas som en mätkanal. En mätenhet omfattar ett 19"-ramverk, bestyckat med 14 st elektronikkretskort av enkelt europaformat.

Vid större tillämpningar, med krav på stor ytavsökningskapacitet, ingår ett antal identiska mätenheter, som är att betrakta som parallellt arbetande kanaler.

En fördel med detta är att det blir möjligt att successivt bygga ut anläggningen med fler kanaler/apparater om så önskas.

För de kunder som är intresserade av att själva bygga sina sprickdetekteringsutrustningar, erbjuder TK även försäljning av kompletta mätenheter, på OEM-bas..

PRISINDIKATION

Priset per DELTATEST mätenhet i **grundutförandet** exkl givare, moms och ev provisioner kommer preliminärt att ligga kring ca 300 tkr per kanal, för sprickdetekterings-varianten vid OEM-försäljning.

MÄTPRINCIPER

Den nya bärande kombination av patentsökta principer, som TK är ensam om, och som utgör hörnstenarna i den nya generationen av DELTATEST är,

FREKVENSKONVERTERING – FASDISKRIMINERING – VEKTORTRANSFORMATION

Principer som kräver ett minimum av inställningar, varför handhavandet är mycket enkelt.

En genomgång av patentsituationen visar att dagens konventionella virvelströmssystem något tillspetsat är mättekniskt att betrakta, som "**variationer på samma gamla tema från 1950-talet**". Visserligen görs det försök att via avancerade datorprogram utveckla sofistikerade virvelströmssystem, men dessa har svagheten att inte kunna förbättra det grundläggande mättekniska förutsättningarna. Det har alltså virvelströmsmässigt hänt förvånansvärt lite under senare hälften av 1900-talet, vad gäller de grundläggande mätprinciperna.

DELTATEST är i signalbehandlingshänseende något radikalt nytt, som skiljer sig markant från dagens konventionella sprickdetekteringssystem.

På samma sätt som en radiomottagare aldrig blir bättre än sin antenn, blir en sprickdetekteringsutrustning aldrig bättre än sin givaren !

Som första steg i framtagningen av det nya DELTATEST har därför mycket utvecklingsarbete lagts ned på själva givardelen och elektroniken kring denna. Givarverkningsgraden kunde på detta sätt mångfaldigas. Resultatet av denna givarutveckling har starkt bidragit till uppnådda resultat.

TKs senast inlämnade patentansökan avseende "FREKVENSKONVERTERING", är en av TKs främsta viktigaste uppfinningar inom området signalbehandling, som banat väg för användandet av mycket höga s k bärfrekvenser. Den frekvenskonverteringsteknik som TK utvecklat och patentsökt för DELTATEST, skiljer sig från konventionell konverteringsteknik, i flera avseenden, beroende på att givarsignalens amplitud- och fas-information måste förbli helt intakt under och efter konverteringen, om efterföljande vektortransformation och fasdiskriminering skall fungera.

Likaså måste s k fasbrus härrörande från frekvenssyntesen kraftigt undertryckas, för att ej störa mätningen. Detta ställer mycket höga och speciella krav på hela frekvensgenereringsförfarandet.

Förhoppningsvis kommer uppfinningen "FREKVENSKONVERTERING" att få lika stor och positiv konsekvens för virvelströmsprovningen, som "superheterodyn"-radiomottagaren fick för radions utveckling, då den en i början av 1900-talet ersatte den "raka" radiomottagaren.

"FREKVENSKONVERTERING" gör det möjligt att använda bärfrekvenser upp till storleksordningen **100 MHZ**, och "konvertera" dessa till en lägre frekvens, t ex 100 KHZ, som då är avsevärt enklare att signalbehandla och hantera. Konverteringen kan t ex utföras som enkel-, dubbel- eller trippel-konvertering.

"FREKVENSKONVERTERING" medför att frekvensselektiviteten, och därmed även **störimmuniteten** (vid likvärdiga filter), ökar markant (>> 10 ggr), jämfört med en konventionell virvelströmsbaserad mätutrustning. Den ökade selektiviteten är ett starkt motiv för att använda frekvenskonverterings-principen, även vid tillämpningar där låga bärfrekvenser (< 1 MHZ) användes.

"FREKVENSKONVERTERING" får till konsekvens att frekvensdiskriminering och vektortransformation kan utföras med stor precision även vid mycket höga bärfrekvenser, något som annars är omöjligt.

"FREKVENSKONVERTERING" lägger även grunden för en utmärkt vibrationsundertryckning p g a den frekvensselektivitet som utmärker frekvenskonverteringen.

BÄRFREKVENSER

Vid virvelströmsbaserad sprickdetektering och metalldetektering, har marknadens krav på min detekterbart sprickdjup resp föremål successivt skärpts.

Som exempel är ett vanligt krav i dag att ytsprickor på fin yta skall kunna detekteras vid djup $\ll 0,1$ mm.

För att dessa sprickor skall kunna detekteras optimalt, krävs det att sprickorna stör virvelströmsbanorna i effektivast möjliga mån. Detta innebär något förenklat att ströminträngningsdjupet bör stå i direkt relation till det minsta sprick-djup som önskas bli detekterat, för att på så sätt uppnå optimal och nödvändig **strömkoncentration** i materialets ytskikt.

För att erhålla lämpligt ströminträngningsdjup krävs det att magnetfältet som inducerar virvelströmmarna har tillräckligt hög frekvens (s k bärfrekvens).

Vid virvelströmsprovning av material som har magnetisk permeabilitet, t ex vanligt låglegerat stål, har variationer i permeabiliteten en kraftigt störande påverkan på mätningen.

Denna störande effekt är frekvensberoende. Ju högre frekvens, desto mindre störning.

Höga bärfrekvenser underlättar därför även virvelströmsprovning av "magnetiskt" material, förutsatt att frekvensen är tillräckligt hög.

De höga bärfrekvenserna ($\gg 1$ MHz) ger sammantaget flera olika mättekniska fördelar, vilket har varit vägledande för TKs vid utvecklingen av den nya generationen DELTATEST.

MOBILT SYSTEM

Med målsättningen att få tillgång till en enkel och flexibel mätutrustning, direkt användbar i produktionen, har nyligen en enkel grundvariant av DELTATEST i **mobilt** utförande (vagn på två hjul, höjd 1,4 m) tagits fram, inkl en s k roterande ytgivare.

Utrustningen kan lätt transporteras mellan olika platser inom verket, t ex vid stickprovskontroll o dyl, och är mycket enkel att handha.

Utrustningen har nyligen demonstrerats i några större verk, med positivt resultat.

GIVARE

Till det mobila systemet har en speciell bärbar roterande ytgivare utvecklats och testats.

Denna nya givare kommer framgent att utgöra **grundkonceptet till samtliga DELTATEST-givare**.

Givaren, som är enkel och robust, fungerar utmärkt vid både magnetiskt resp omagnetiskt material.

Frånvaron av släpningar o dyl medför att den mekaniska livslängden troligen endast bestäms av livslängden hos rotorns kullager, vilket bör borga för lång livslängd.

En motsvarande givare för runt material, och alltså baserad på samma beprövade koncept, är under framtagning.

Givarprincipen är exakt densamma.

Ev sprickförekomst indikeras, via en "lysdiodstapel", placerad på givaren.

Inga speciella förkunskaper krävs, utan produktionspersonalen kan i stort omgående använda instrumentet.

Givarens form och utseende framgår av den engelska versionen.

Givarens prestanda framgår likaså av registreringarna i den engelska versionen.

Registreringarna är äkta, och är alltså i inget avseende förvanskade eller manipulerade.

V g notera det utmärkta signal-stör-förhållandet (S/N), som är **mycket större än 10 !**

Givarens övriga data är i korthet följande:

Drivmotor	Asynkronmotor
Matningsspänning	220 V, 1-fas
Vikt	Ca 9 Kg
Höjd	Ca 320 mm
Varvtal	Ca 2900 varv/min
Signalöverföring	Beröringsfri (induktiv)
Energiöverföring	Beröringsfri (induktiv)

Den aktuella handmanövrerade demogivaren, är i första hand avsedd för plana ytor, t ex valsad eller skalsvarvad, men fungerar även utmärkt på rund yta i standardutförandet.

För runt material, med liten diameter (< 180 mm), krävs en enklare komplettering av givarens styrning.

Vid framtagningen av den mobila utrustningen har vi valt att, i den inledande lanseringsfasen, optimera utrustningen, inkl den roterande ytgivaren, för detektering av sprickor i **vanligt stål**, typ 1650 och liknande.

TK arbetar f n med en "rostfri" version av DELTATEST, som är optimerad för detektering av sprickor i material med låg elektrisk konduktivitet, såsom t ex rostfritt material.

Förberedande prov på blank rostfri plåt indikerar på mycket bra prestanda.

Det som skiljer versionerna åt är i huvudsak valet av bärfrekvenser.