

# IDC Interstand Dimension Control

## Givarteknik med kontinuerlig reglering i *stång- och trådvalsverk*

Dag Sollander, Sten Linder

**T**idigare har valsningssmetoderna i stång- och trådvalsverk **1** i hög grad förlitat sig på konventionell reglering för att nå erforderlig produktkvalitet. Detta innebär minidrag- och slingreglering, i kombination med justering av vals-

Industriella användare av stång och tråd i stål ställer allt högre krav på dessa produkter, samtidigt som konkurrensen mellan tillverkarna blir hårdare och vi har överskott på stål av låga och medelhöga kvaliteter. Stålvärksägarna söker därför nya sätt att tillverka produkter av högre kvalitet till lägre kostnader. IDC (*Interstand Dimension Control*) är ett resultat av detta arbete. Genom noggrann och snabb återkoppling av dimensionsdata tillåter IDC kontinuerlig reglering av valsgap och hastighet mellan valsparen. Detta minskar kassationsgraden och gör valsning utan slingreglering till ett realistiskt alternativ för de flesta produkter.

gap och valspars hastigheter. Minidragreglering, vilken bygger på vridmomentmätningar, baserar förhållandet mellan de olika valspa-

rens hastigheter enligt ämnets framändeskrav. Detta förutsätter att ämnets dimensioner och materialtemperaturprofil är konstanta längs

### **1** Varmvalsning av långa produkter som stång och tråd



**2** U-givare för mätning av dimensionerna i varmvalsade ämnen och stänger. Data från givaren används för automatisk anpassning av valsarsinställningarna och hastigheten mellan valsaren.

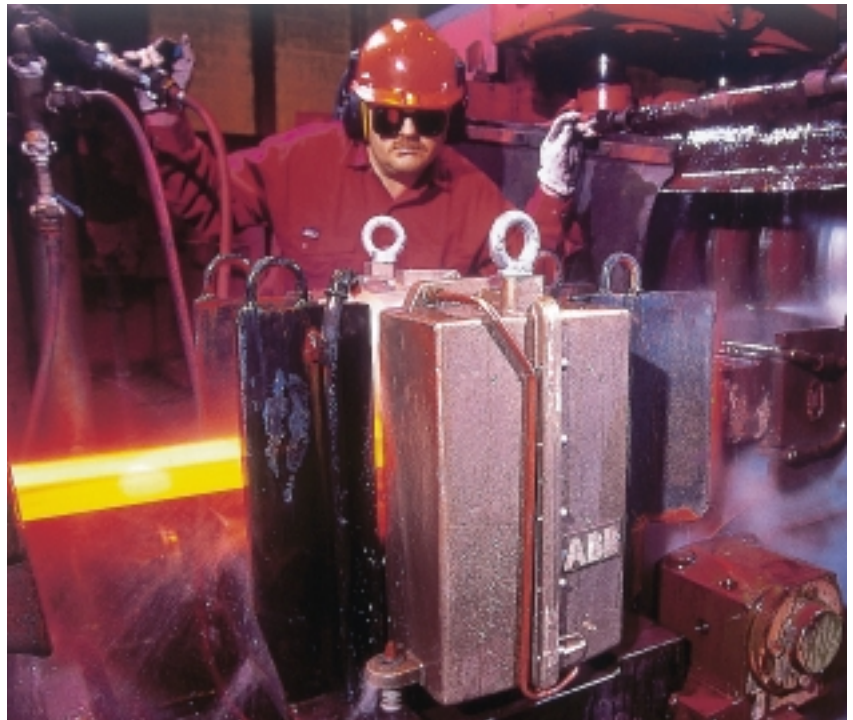
## Marknaden för IDC

Ståltillverkare som vill uppgradera sina stålverk har många alternativ, från större mekaniska moderniseringar till uppgradering av styrsystemen. ABB har utvecklat systemet IDC (*Interstand Dimension Control*) för att hjälpa valsverksägare att öka materialutbytet, öka anläggningarnas tillgänglighet och förbättra de slutliga dimensionstoleranserna. Genom att garantera enhetliga dimensioner minskar IDC behovet av slingreglering och gör valsning utan slingreglering till ett reellt alternativ. "Slingfri" valsning har ytterligare den fördelen att yta frigörs för kylzoner, vilket i sin tur förbättrar materialegenskaperna.

IDC-systemet bygger på U-givarteknik för tillförlitlig onlinemätning. Eftersom det inte förekommer något optiskt system, några rörliga delar eller någon känslig elektronik, lämpar sig U-givare utmärkt för de tuffa villkor som råder i valsverk. Mätnoggrannheten påverkas inte av vare sig ånga, glödska eller vibration.

En U-givare är enkel att installera mellan valsaren och behöver ingen kalibrering på plats. Det behövs endast konventionell lyftutrustning och normala verktyg för installationen.

IDC har installerats hos SKF Ovako Steel i Sverige. Där bekräftas att anläggningen motsvarar de stränga kraven som ställs på begränsade dimensionstoleranser i konventionellt styrda valsverk.



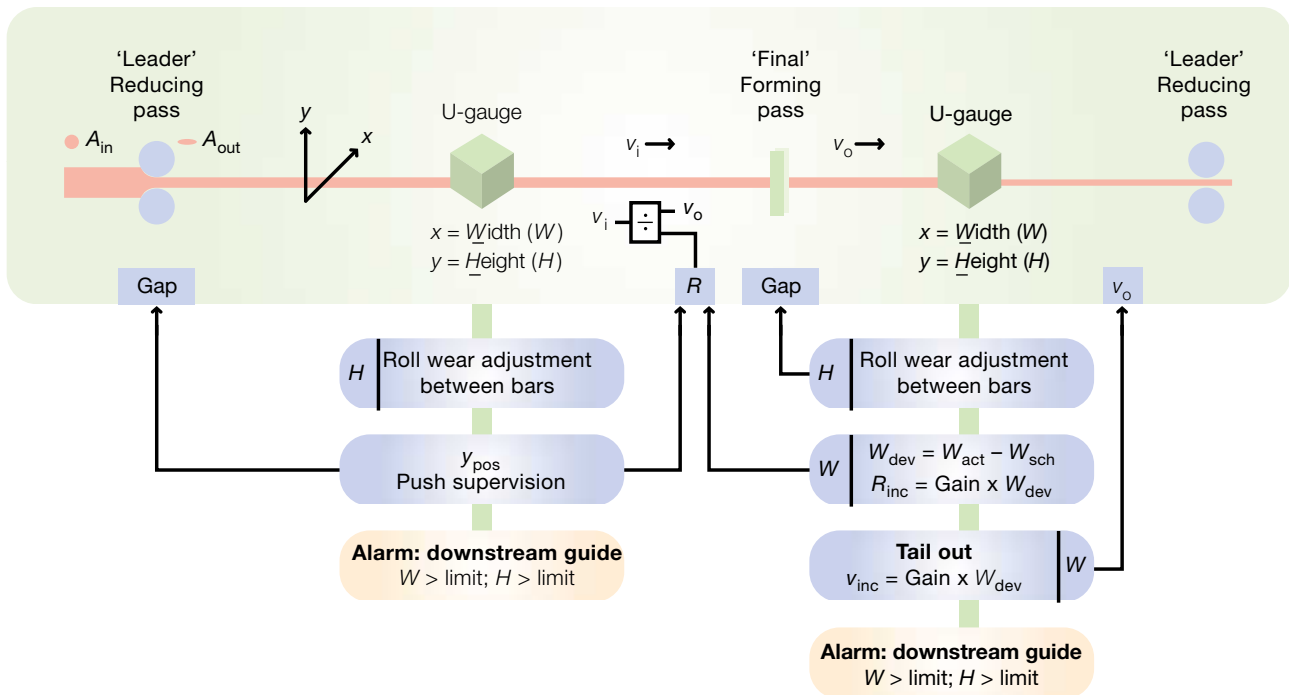
hela stängen. I realiteten varierar dessa data, och slingreglering är nödvändig för att justera valshastigheten och kompensera för massflödesvariationer längs stängen. Tyvärr kan slingreglering inte korrigera dimensionsvariationerna, och dessa påverkar i sin tur de slutliga toleranserna.

En trend inom dagens industri går mot kontinuerlig valsning, vilket innebär att ämnena svetsas samman till ett kontinuerligt ämne, som efter valsning kapas till kundspecifika längder på svalningsbädden eller vid hasplingsstationen. Ett inneboende problem med kontinuerlig valsning är att såväl temperaturen som dimensionerna kan skilja sig från ämne till ämne. Konventionella regleringar kompensera för dessa skillnader med mindragreglering vid startänden varje gång ett nytt ämne kommer in i valsverket, men kontinuerlig valsning tillåter av uppenbara orsaker inte startändes Anpassning. Lösningen på problemet är IDC (*Interstand Dimension Control*).

## IDC – Interstand Dimension Control

IDC är en inline-givarteknik för profilvalsning med snävare toleranser, enklare och säkrare drift och enhetligare dimensioner. U-givare **2** mäter stålets dimensioner genom att generera ett magnetfält som påverkas när stålet passerar mellan givarens armar. Data som skickas från givarna till IDC-systemet används för att automatiskt anpassa valsarens mekaniska inställningar. Dimensionsvariationer korrigeras automatiskt av IDC-systemet, vilket kontinuerligt övervakar slutdimensionerna för stängen vid varje valspar och i enlighet därmed reglerar valsarens hastighet.

Profilvalsverk, såväl nya som gamla, har olika grad av automation, som t.ex. valsgapsinställning under valsning, axiell valsinställning etc. IDC bygger på moduler som tillåter en flexibel lösning för varje valsverk. Eftersom de flesta valspar har individuell drivning, bygger den grundläggande IDC-



**3 Reglerprincipen för IDC. Kontinuerlig övervakning och kontroll eliminerar risken för underfyllnad och överfyllnad vid valsning.**

$A_{in}$	Area in	$R$	Reduktionsfaktor	$W_{act}$	Faktisk bredd
$A_{out}$	Area ut	$R_{inc}$	Reduktionsfaktorökning	$W_{sch}$	Planerad bredd
$v_i$	Inloppshastighet	$v_{inc}$	Hastighetsökning	$y_{pos}$	$y$ -position (höjd)
$v_o$	Utloppshastighet	$W_{dev}$	Breddavvikelse		

strukturen på reglering av hastigheten mellan valsparen **3**.

IDC arbetar i grupper om två valspar: dels reducer- eller förvalsningsparen, dels formande eller slutparen. De två första valsparen tillämpar relativ reglering för att registrera variationer i temperatur och dimensioner längs ämnet och för att informera systemet om ämnets status då det kommer in i valsverket. IDC utnyttjar konventionell mindragreglering för att aktivera mätningen av stängens bredd. Mätvärdet fungerar sedan som referensvärde. Genom att anpassa den relativa hastigheten mellan valsparen håller IDC bredden konstant längs stängen. Om U-givaren upptäcker slackningstendenser i materialet, korrigeras detta via en hastighetsändring mellan valsparen **4**.

Höjden övervakas och används

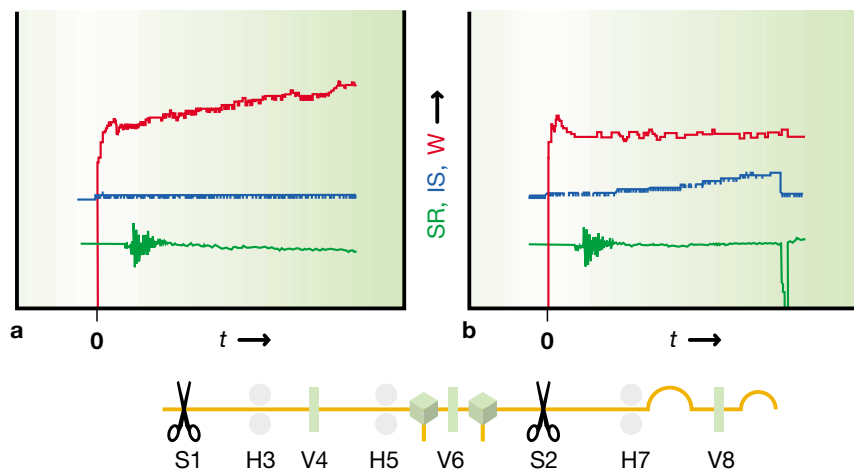
som återkopplingsvärde för att korrigera valsgapet. Detta kompenserar för valsförslitningen. Det konstanta massflöde som uppnås genom att hålla bredden och höjden för stängen konstant längs hela

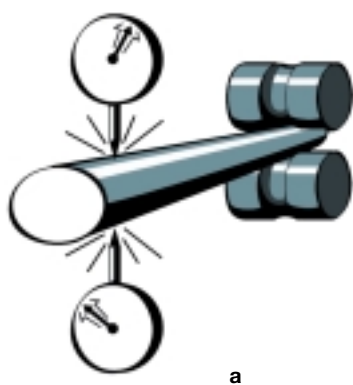
dess längd minskar behovet av slingreglering. Detta gör valsning utan slingreglering till ett säkert alternativ för de flesta produkter.

Efter några valspar, när materialet är uniformt, kan IDC-systemet

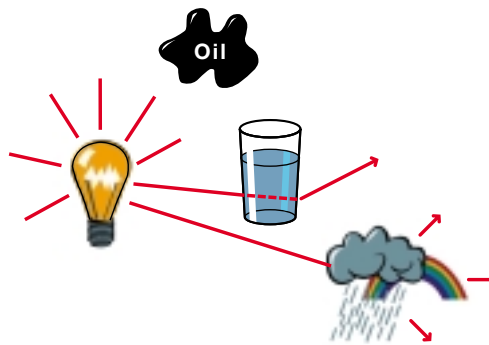
**4 Bredd (W, röd kurva) för valsat material (V6), valsparens hastighetsförhållande (IS, blå kurva) och hastighetsreferens (SR, grön kurva) i förhållande till tiden, med (a) respektive utan (b) IDC**

H Horisontellt valspar S Skär V Vertikalt valspar





a



b



c

## 5 Konventionell mätteknik

a Mekanisk teknik

b Optisk teknik

c Radioaktiv teknik

börja tillämpa referensvärdena för höjd och bredd från stickschemat. Kunskapen om de faktiska materialmåtten efter varje valspar gör det möjligt för operatören att optimera ledar- och valsinställningarna och på så sätt undvika materialvridning och asymmetri. En konstant bredd gör det också möjligt att öka spår-fyllnaden utan risk för överfyllnad. Detta gör det möjligt att valsa större tonnage ur varje spår.

### Nyckeln heter U-givare

Miljöförhållandena i varmvalsverk gynnar knappast noggrann mätning, där värme, ånga och glödskalet tillsammans hindrar konventionella givare från att mäta materialets dimensioner och egenskaper. Svårigheterna accentueras av stora mekaniska laster, kraftiga vibrationer och snabb rörelse för det valsa-de materialet.

Trots dessa besvärliga villkor förväntas givarna fungera felfritt. Tillförlitligheten måste vara hög och underhållsbehovet minimalt. Vad som än händer tillåts inga kompromisser med mätnoggrannheten.

Det är enkelt att inse att en mätteknik som kräver fysisk kontakt

med materialet – t.ex. via hjul eller mätspetsar **5a** för dimensionsmätning – inte är en hållbar lösning i valsverk. Denna typ av givare är allt för ömtålig för att överleva rådande driftsförhållanden på lång sikt. Dessutom sjunker mätnoggrannheten vid höga hastigheter och i fall då materialytorna inte är perfekt jämna och rena.

Problemen med optiska metoder **5b** är att användningen mer eller mindre begränsas till jämförelsevis rena och mekaniskt icke krävande miljöer. Valsverk uppfyller uppenbart inte dessa krav. Dessutom tränger ljus inte så lätt igenom luftburet stoft och ånga, och ljuset bryts i vatten. En annan faktor är att optiska komponenter, som linser och lampor, är mekaniskt känsliga och kräver regelbunden rengöring.

Även system som bygger på radioaktiv teknik och röntgenteknik **5c** – en annan vanligt förekommande mätteknik – är känsliga för miljöförhållanden, om än inte i lika hög grad som optiska system. Förutom att strålningen bromsas av vatten- och ångpartiklar påverkas strålningsegenskaperna negativt av smutsiga ytor på materialet. De

inneboende riskerna med radioaktiv strålning är en annan aspekt som gör det svårt att föreställa sig strålningsteknik som en slutgiltig lösning på mätproblemet.

Ett sätt att undvika störningar på grund av damm, rök och smuts i mätmiljön är att använda ett lågfrekvent elektromagnetiskt fält **6**. Ett sådant fält tränger inte bara igenom allting utom metall, utan det inducerar också elektriska strömmar i metallen, vilka i sin tur förändrar det elektromagnetiska fältet. Dessa förändringar kan mätas via den spänning de inducerar i en spole.

Mättekniken kallas *virvelströmsmätning*, en term som anspelar på de inducerade strömmarna som virvlar runt i materialet som ska mätas. Tekniken har mer än 50 år av utveckling bakom sig och uppvisar en exceptionell miljötolerans samt garanterar hög produktkvalitet genom att tillförlitligt avslöja sprickor i stång, tråd och rör.

Många försök har gjorts att använda den beskrivna tekniken för att mäta dimensioner och andra fysiska egenskaper i material. Tills nyligen har framgångarna uteblivit. ABB har på senare tid utvecklat en

helt ny metod för mätning som bygger på virvelströmsteknik – en metod som tillåter inline-mätning i realtid av dimensioner och andra egenskaper – och det med en exceptionell noggrannhet.

### Virvelströmsprincipen som plattform för ny mätteknik

Enkelt uttryckt baseras tidiga versioner av virvelströmsteknik på konventionell växelströmsteknik (AC) **7**. Enligt denna princip påverkar det material som mäts två parametrar: amplituden och *fasförskjutningen* för det elektromagnetiska fältet. Men för att mäta dimensionerna, t.ex. tjockleken av en plåt, måste tre parametrar beaktas:

- Avståndet mellan spolen och materialet
- Den *elektriska resistansen*
- *Tjockleken* för plåten

För att göra virvelströmstekniken lämplig för denna typ av mätning har försök gjorts att hålla en av parametrarna konstant. Ett sådant försök var en konstruktion som upprätthåller ett fast avstånd mellan spolen och materialet. I praktiken var dessa försök inte framgångsrika, framför allt inte i aggressiva miljöer och i tillämpningar där materialet är rörligt.

Den nya ABB-tekniken bygger på mätning av den spänningspuls som induceras i spolen när strömmen plötsligt bryts. Efter en plötslig brytning av den konstanta magnetiseringsströmmen som matas till spolen mäts det magnetiska fältet, som orsakas av virvelströmmen i materialet, som en faktor av den spänning som induceras i spolen **8**.

Vid avbrottsögonblicket existerar virvelströmmen endast på ytan av materialet och har ännu inte penetrerat ner i substratet. Genom att

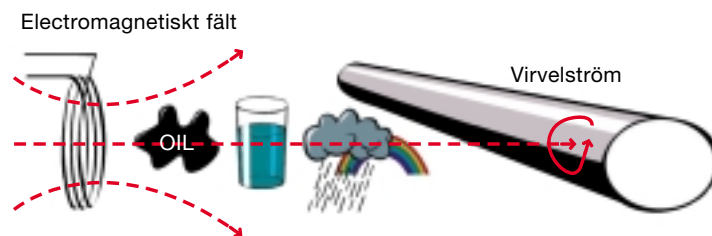
spåra hela penetreringssekvensen via spänningen som induceras över spolen går det att få fram tre unika signalvärden vid tre olika ögonblick. Det är så den nya mättekniken – känd som Pulsed Eddy Current Technology – övervinner begränsningarna för de tidigare lösningarna: nu kan alla tre dimensionsparametrarna mätas.

En annan grundläggande skillnad mellan de två metoderna är att strömmatningen i den nya kon-

magnetiska fälten. Givarna kan därför göras enkla och mycket robusta.

- De svaga lågfrekventa elektromagnetiska fälten är inte farliga för människor och har ingen negativ inverkan på omgivande elektrisk utrustning eller på själva materialet.

När dessa funktionsmässiga attribut och prestandaegenskaper beaktas kan den nya Pulsed Eddy Current Technology betecknas som en



### **6** Lågfrekvent elektromagnetiskt fält

struktionen avbryts fullständigt när var och en av de uppmätta storheterna genereras. Som resultat är det endast det magnetfält som faktiskt induceras av virvelströmmarna i materialet som mäts, vilket resulterar i exceptionellt hög mät noggrannhet.

Bland andra karakteristiska egenskaper för den nya Pulsed Eddy Current Technology kan nämnas:

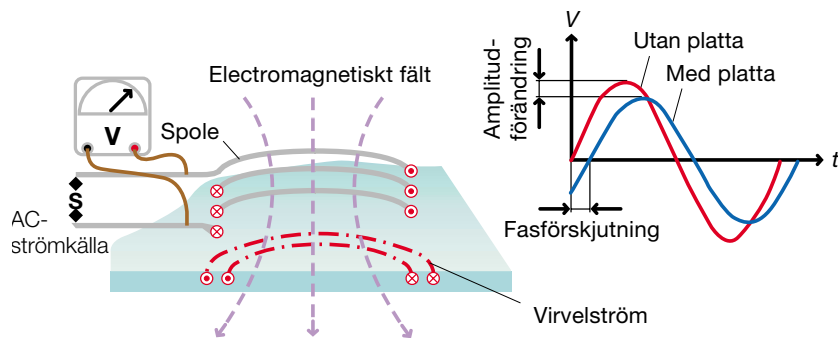
- Tekniken är beröringsfri.
- Flöden, ånga, partiklar och allmänna störningar påverkar inte resultatet.
- Endast en elektrisk ledare – metallprodukten som mäts – kan påverka signalen, vilken genereras av en ström inducerad i materialet.
- Det behövs bara en spole för att skapa och detektera de elektro-

metod för tillförlitlig mätning även i de mycket svåra förhållanden som är typiska för metallindustrin.

U-givaren garanterar att mätningarna utförs med mycket hög noggrannhet, även under svåra omgivningsförhållanden. När långa produkter valsas (stång, tråd m.m.) kan bredden och höjden på materialet mätas i realtid efter varje enskilt valspar.

Jämnhet i höjd och bredd är avgörande för det valsade materialets kvalitet. Att kunna mäta dessa parametrar i realtid ger nya möjligheter att styra dimensionerna och förbättra toleranserna i de färdiga produkterna – stång och tråd. Mätning av denna typ har bedömts som alltför svår med annan teknik.

Bredden, höjden och positionen för det rödglödande materialet vid temperaturen 1000 °C ska i idealfal-



**7 Tidigare virvelströmsteknik.** De uppmätta parametrarna är de amplituder och fasförskjutningar som uppstår i det elektromagnetiska fältet.

let mätas till en noggrannhet på ca en tiondels millimeter. Vatten sprutas kontinuerligt mot materialet från alla sidor för att skydda omgivningen mot överhettning. Detta ger upphov till ånga som försämrar sikten. Ett oxidskikt bildas kontinuerligt på ytan och detta får inte påverka mätresultatet. Bland ofrånkomliga mekaniska faktorer kan nämnas kraftig slaginverkan och förslitning.

Även under sådana extremt krävande förhållanden mäter ABB:s givare produktdimensionerna noggrant och tillförlitligt, utan att störa processen.

## Vilka faktorer varierar i ett valsverk?

### Ämnen

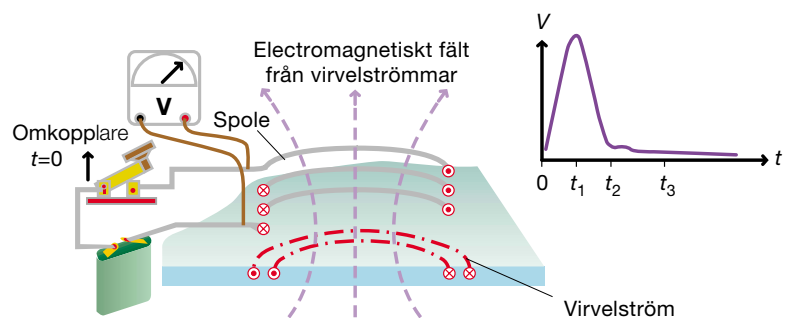
Dimensionstoleranserna för ämnen ligger vanligtvis inom området  $\pm 2\%$ , men tvärsnittet kan vara rektangulärt eller rombformat. Variationen kan även orsakas av kalla fläckar från balkar i ugnen. En annan faktor är temperaturminskningen från ugnen till det första valspar, som resulterar i att ämnets slutände blir svalare än startänden. Eftersom kallt material tenderar att breda mera, ökar bredden efter hand. Mätningar visar att denna ökning ligger i storleksordningen 1% eller mera, vilket inne-

bär en areaökning på 2–3%. För att undvika överfyllnad måste hänsyn tas till ökningen i bredning på grund av den svalare slutänden vid beräkning av utnyttjandet av de första spårerna.

### Valspar

Valsarnas axiella uppriktning görs normalt i verkstaden, men under pågående valsning tenderar axiella krafter att orsaka snedställning av spårerna på grund av spel i lagren. Detta gäller framför allt om rombformade stänger matas in i ett spår. Om axiellagren inte kan stå emot de axiella krafter som uppstår eller om inloppsledarna inte kan hålla stängerna rak kommer den att vridas. Materialet försöker hela tiden anpassa sin position så att deformationskrafterna minimeras.

**8 Pulsed Eddy Current Technology.** Magnetfältet som genereras av virvelströmmarna mäts som en faktor av den spänning de inducerar (vid  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ ) i spolen.



### Ledare

Med ovannämnda areavariationer är det omöjligt att ställa in ledarna för önskad passning. Om de sätts allt för hårt kan de deformera materialet, med ökad risk för förslitning och skador. Om de sätts an för löst ökar risken för att stängerna ska vridas.

### Stålkvaliteter

Det är väl känt att olika stålkvaliteter har olika spridningsegenskaper. Mätningar visar emellertid att de olika kvaliteterna (t.ex. ferritiska och austenitiska stål) har ungefär samma dynamik men olika amplitud vid dragförändringar. Med dagens styrsystem krävs individuella stickscheman för varje kvalitet och dimension. IDC eliminerar skillnaderna i spridning så att mindre scheman behövs.

### Tillämpning i valsverk

IDC bygger på styrsystemet Advant OCS. Förutom de beskrivna IDC-fördelarna finns det ett antal andra fördelare med moderna reglersystem **9**. Mer information om uppgradering av gamla valsverk finns i [1].

### Mekanik

U-givaren utgör en dedicerad enhet med en speciellt utformad in- och utloppsledare. Givaren sitter på en

basplatta som utgör en integrerad del av enheten och som är uppriktad mot valsverkets fasta spårlinje. U-givaren måste ligga så nära valsparets utlopp som möjligt. Ett undantag är valspararrangemanget horisontell-horisontell, där det ovala materialet vrids 90°. U-givaren placeras då på en plats där vridningen redan har avslutats, dvs. nära inloppet till det efterföljande valsparet.

Den integrerade U-givaren med sin in- och utloppsguide kan lätt lyftas från sin basplatta i valsverk, där valsning av tunga produkter inte kräver användning av samtliga valspar.

U-givaren kyls genom besprutning av vatten; det räcker med normalt processvatten för valsverk. En speciell skyddad kabel utgör elektrisk förbindelse mot den lokala anslutningslådan, varifrån en busskabel leder till Advant Controller.

### Operatörsgränssnitt

IDC är integrerat i Advant Operator Rolling Mill Controlstationen(RMC), som sköter valsverksinställning, analys etc. En grafisk panel på valsverksgolvet låter operatörerna övervaka valsningen lokalt via displayer som visar bredd- och höjdmåtten och ämnets läge i förhållande till spårlinjen.

Exempelvis är det enkelt att kontrollera valsutnyttjande och spår-fyllnad. CAD-dimensionsritningen av spåret och den beräknade reduktionen som ger avsedd fyllnad jämförs med den faktiskt uppmätta bredden för det valsade materialet. Eftersom samtliga parametrar (t.ex. höjd och bredd under valsning) och spårets form nu är kända, kan stickkonstruktören förlita sig på att återkopplingen är tillförlitlig. Eftersom risken för överfyllnad har eliminerats, kan spåret



9 Modern processtyrning i ett valsverk

utnyttjats bättre, och det går att få ut mera färdigt material från varje vals.

### Ny referens för tillgänglighet och utbyte

ABB:s IDC-system är nu i kommersiell drift och uppfyller de höga kraven på tillgänglighet och utbyte. Genom att garantera konstanta mått längs stången, med början redan i grovvalsverket, tillåter IDC att slingregleringen avskaffas i mellan- och slutvalsverket.

Inverkan av dimensions- och temperaturvariationer längs ämnet elimineras av IDC. Detta resulterar i snävare toleranser för grovre dimensioner vid stångvalsning, valsning utan slingstyrning vid mindre dimensioner och konstanta dimensioner för de material som matas in i trådblocken. Minskningen av skrotkörningar och nedklassat material förbättrar utbytet och gör att det går snabbare att komma igång efter dimensionsomställningar. Den tid som tidigare gick åt för att justera in slingregleringen kan nu användas för valsning, vilket ökar anläggningens tillgänglighet. ■

### Referens

[1] D.N. Sollander: Uppgradering av stång- och trådvalsverk med modern styrteknik. ABB Tidning 4/99, 27-32.

### Författare

#### Dag Sollander

ABB Automation Systems AB  
SE-721 67 Västerås / Sweden  
E-post: dag.n.sollander@se.abb.com  
Telefax: +46 21 41 25 95

#### Sten Linder

ABB Automation Products AB  
SE-721 59 Västerås / Sweden  
E-post: sten.linder@se.abb.com  
Telefax: +46 21 41 27 06