



LUND UNIVERSITY

Processtyrning inom järnverken

Föredrag vid Jernkontorets tekniska diskussionsmöte den 29 maj 1974

Eklund, Karl; Sahlin, Per-Ola

Published in:

Jern-kontorets annaler : tidskrift för svenska bergshanteringen

1974

Document Version:

Förlagets slutgiltiga version

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Eklund, K., & Sahlin, P.-O. (1974). Processtyrning inom järnverken: Föredrag vid Jernkontorets tekniska diskussionsmöte den 29 maj 1974. *Jern-kontorets annaler : tidskrift för svenska bergshanteringen*, 158, 107-117.

Total number of authors:

2

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

Processtyrning inom järnverken

Karl Eklund och Per-Ola Sahlin

Föredrag
vid Jernkontorets tekniska diskussionsmöte
den 29 maj 1974

66.012-52:681.177.8:669.1

1. Inledning

Många processer inom järnverken är väl lämpade för processtyrning. De har ett högt materialgenomflöde, hög störningsfrekvens och stor komplexitet. I många fall är processmodeller tillgängliga och mätproblemen är överkomliga.

Processdatorer har funnit tillämpningar inom ett flertal problemområden inom järnverken. Vi skall koncentrera framställningen på frågeställningar av processnära karaktär. Vi kommer inte att behandla system för produktionsplanering och produktionsstyrning.

I de två första avsnitten ger vi en översikt av dagsläget för processtyrning inom järnverken och diskuterar rapporterade prestanda och lönsamhet, regler- och styrproblem samt tekniska lösningar. Vi behandlar sedan processtyrnings-

projekt, speciellt de viktiga aspekterna underhåll och utbildning. Till sist behandlas troliga utvecklingstendenser för användningen av processdatorer inom järnverken.

2. Installationer – dagsläge

2.1 Installationer i världen

En översikt av processdatorsystemens fördelning på olika järn- och stålprocesser har publicerats i Iron Age 1973 (1). Data insamlades genom en enkät. 85 företag i 20 länder, vilka representerar 70 % av västliga världens stålproduktion, besvarade enkäten. I fig. 1 visas den procentuella andelen datoranvändare fördelade på sex regioner.

Tabell I. Procentuella andelen processdatoranvändare fördelade på processer enligt ref. (1) 1973. Inom parentes motsvarande siffror 1970 enligt ref. (2).

Grupp	Process-Verk	Processdator	Typ av funktion		Typ av styrning	
			Data-insamling	Styrning	* Predik-tion	* Adaption
I	Malmlager	8,6 (4,8)	2,5	4,9	1,2	2,5
	Sinterverk	9,9 (9,6)	3,7	4,9	1,2	2,5
	Masugn	24,7 (30,8)	8,6	14,8	13,6	6,2
	Syrgasugn	32,1 (33,7)	13,6	21,0	18,5	8,6
	Ljusbågsugn	29,6 (18,0)	14,8	16,0	14,8	9,9
	Stränggjutning	9,9 (3,6)	4,9	7,4	3,7	1,2
II	Göt- och ämnesverk	24,7 (21,6)	11,1	16,0	16,0	4,9
	Plåtvalsverk	19,8 (18,0)	6,2	18,5	11,1	11,1
	Varmbandverk	30,9 (36,1)	6,2	27,2	14,8	22,2
	Universalsverk	6,2 (7,2)	1,2	6,2	2,5	
	Kallvalsning	24,7 (15,6)	3,7	19,8	11,1	9,9
	Betningslinjer	6,2 (3,6)	2,5	2,5	1,2	
III	Förtening	12,1 (9,6)	4,9	2,5	3,7	
	Glödgning	9,9 (4,8)	4,9	7,4	4,9	2,5
	Glättverk	7,4 (7,2)	1,2	6,2	3,7	1,2
	Galvanisering	7,4	1,2	4,9	2,5	1,2
	Uppklippning	4,9	1,2	2,5	2,5	1,2
IV	Produktionsplanering	21,0 (14,4)	12,1	6,2	8,6	3,7
	Produktionsstyrning	16,0 (8,4)	6,2	7,4	3,7	4,9
	Energistyrning	3,7	1,2			
	Spektrografer	9,9	1,2		1,2	1,2

*Beträffande termernas innebörd se sid. 115.

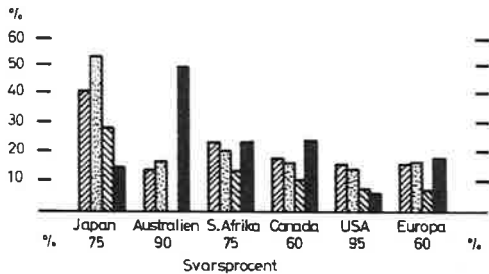


Fig. 1. Procentuella andelen processdatoranvändare fördelade på sex regioner. Staplarna markerar fördelningen på processgrupper enligt tab. I.

Materialet kan ej användas för att dra detaljerade slutsatser. Uppgifter som antalet lönsamt automatiserbara processer, anläggningarnas ålder och driftsförhållanden i övrigt saknas. Vissa tendenser är dock klara. Tab. I visar att råjärns- och stålprocesser (grupp I) samt varm- och kallvalsning (grupp II) har automatiserats i relativt hög grad. Dock har de metallurgiska processerna endast försetts med mätvärdesinsamlingsystem eller styrsystem med relativt låg ambitionsnivå. Bearbetningsprocesserna av typen varmband- resp. plåtvalsverk styrs i högre grad av mer komplexa system.

Jämfört med en tidigare undersökning 1970 (2) har i grupp I en markerad ökning av antalet datorsystem skett för ljusbågsugnar och stränggjutning. I grupp II har en ökning skett för kallvalsning. I grupp IV har både produktionsplanerings- och produktionsstyrningssystem ökat. Vid det senare undersökningstillfället har också en större procentuell andel av systemen klassats som styrsystem.

Det kan vara intressant att ställa trenderna ovan mot prognoserade investeringar under femårsperioden 1970 - 1975 och 1973 - 1978 enligt tab. II. Endast i ett fåtal fall har antalet datorstyrda processer ökat i enlighet med prognosen.

En grov skattning av antalet idag installerade processtyrningssystem kan fås på följande sätt. I januari 1971 var antalet processdatorsystem i Japan 175 st (3). Japan svarar för ca 20 % av järn- och stålproduktionen i västliga världen och kan antas ha en dubbelt så hög automationsgrad enligt fig. 1. Detta ger ca 500 system eller en total investering av ca 1 000 Mkr (varje system antas kosta 2 Mkr).

I Iron Age 1973 (1) framhåller man att stålproducenterna idag accepterat processda-

Tabell II. Procentuell andel av användare, vilka avser att automatisera resp. processer under femårsperioden 1973-78. Inom parentes värdena för 1970-75.

Process	%
Masugn	23,5 (10,8)
Ljusbågsugn	23,5 (15,6)
Produktionsplanering	21,0 (22,9)
Stränggjutning	19,8 (10,8)
Kallvalsning	19,8 (15,6)
Varmbandverk	18,5 (13,2)
Syrgasprocesser	17,3 (20,5)
Produktionsstyrning	12,1 (14,7)
Göt- och ämnesverk	11,1 (13,2)
Glödningslinjer	9,9 (8,4)
Ljusbågsugnar - Energibehov	8,6 (13,2)
Plåtvalsverk	8,6 (13,2)
Malmager	7,4 (4,8)
Sinterverk	7,4 (9,6)
Galvanisering	7,4 (4,8)
Universalverk	6,2 (10,8)
Glättverk	3,7 (7,2)
Förtening	2,5 (6,0)
Betningslinjer	2,5 (3,6)
Energistyrning	1,2

torn som en komponent i produktionen. Vidare anses lönsamheten av denna typ av investeringar i stor utsträckning dokumenterad.

2.2 Installationer i Sverige

Tab. III sammanfattar processdatorinstallationer i svenska järnverk. Materialet är hämtat från Elektronik 1969 (4) samt en inventering av nuläget av författarna.

Tabellen visar att omkring 12 system installerats under den gångna 5-årsperioden. Av det

Tabell III. Processdatorinstallationer i järnverken i Sverige.

Process	Antal system		Typ av funktion	
	1969	1973	Mätning - lokal styrning	Styrning
Masugn	1	1		
Syrgasugn	1			1
Ljusbågsugn	1			1
Värmugnar	1	3	3	
Spårvalsverk		1		1
Plåtvalsverk	1	2	1	1
Kallvalsverk	2	3	3	
Spektrografer	6	8		
Diverse	2	5	4	1
Summa	12	24	12	5

totala antalet system kan endast 5 betraktas som mer komplexa styrsystem.

I Elektronik (4) publicerades en bedömning av marknaden under 1968 – 1972 för processdatorsystem inom olika branscher. Järn- och metallverk bedömdes då representera den 3:e största marknaden och denna uppskattades till 25 Mkr.

Kostnaden för de installerade systemen bedömes till i genomsnitt 1 Mkr. Den totala investeringen under perioden 1968 – 1973 blir då ca 12 Mkr dvs. endast hälften av den prognoserade.

3. Funktioner och prestanda – dagsläget

3.1 Sinterverk

Installerade system har i hög grad inriktats på datainsamling och alarmfunktioner samt har i många fall ersatt konventionell instrumentering, regulatorer och fast logik för sekvensstyrning. Motiven för investeringen har varit lägre instrumentkostnad samt en mer flexibel utrustning.

Styrning av de enskilda enhetsprocesserna avser att vidmakthålla kontinuerlig ostörd drift. Blandningsprocessen styrs för att upprätthålla konstanta fysikaliska och kemiska egenskaper hos blandningen. I sintringsprocessen regleras skiktjocklek, täthet samt bandhastighet.

Det är svårt att definiera kvalitetsvariabler för sintrad malm. Tillgänglig mätteknik och tillgängliga matematiska modeller för styrning är otillräckliga. Dock sker f.n. utveckling av fuktmätare baserade på infrarödteknik samt modeller för styrning av sintringshastigheten.

3.2 Råjärnsproduktion

Ett relativt stort antal datorer (> 50) utnyttjas vid drift av masugnar. Omfattningen av systemen kan indelas i tre nivåer:

- automatisering av råmaterialflödet till ugnen
- styrning av beskickningssammansättningen
- direkt styrning av masugnen baserad på kontinuerliga mätningar och dynamiska modeller

Endast de två senare alternativen avser att lösa det väsentliga drifttekniska problemet, nämligen att stabilisera masugnens termiska tillstånd.

Automatisering av råmaterialflödet har installerats på ett flertal ugnar bl.a. i Sverige. I detta fall ersätter datorn annan möjlig utrustning.

System för styrning av beskickningssammansättningen baseras i flera fall på modeller lämpliga för linjär programmering. Syftet är att minimera variationerna i Si-halten i råjärnet. Numeriska värden på koefficienter erhålls genom regressionsanalys på driftdata. Beräkningarna kräver att operatören specificerar det aktuella tillståndet i masugnen (bläster- och bränsleflöde, fukt etc.), analyser av tillgängliga råmaterial, önskad analys samt önskat tillstånd för masugnen. Vi får på detta sätt ett system, som arbetar utan återföringar och fungerar som operatörs guide. System av den beskrivna typen har rapporterats i litteraturen (5, 6). Den erhållna minskningen av variationerna i Si-halt har varit liten. Orsaken står bl.a. att finna i masugnens stora tröghet. Den förbättrade kommunikationen operatör-process är dock av stort värde.

System för direkt styrning av masugnen befinner sig på experimentstadiet. De kommer att utnyttja analys av masugnsgasen som en viktig informationskälla för att bestämma de interna förhållandena i masugnen.

3.3 Stålproduktion

De processer som behandlas under denna rubrik är

- syrgasprocesser
- ljusbågsugnar
- stränggjutning

Vid stålframställning utnyttjas idag framförallt syrgasprocesser. I det följande behandlas av dessa endast LD-processen. I stort sett kan samma metoder tillämpas på OBM-processen som på LD-processen. Martinprocessen har i stor utsträckning ersatts av syrgasprocesser, medan ljusbågsugnen hållit eller stärkt sin ställning, varför även den senare behandlas kortfattat.

LD-processen

Ett stort antal processdatorsystem har installerats på LD-processen (3, 7, 8). Två typer av konstruktionsprinciper kan särskiljas:

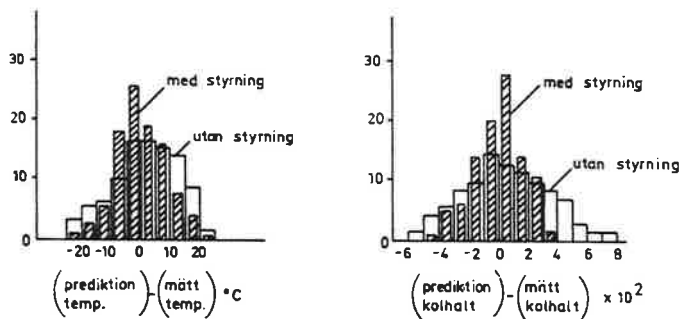


Fig. 2. Resultat vid dynamisk styrning av LD-ugn utvärderat från ca 50 charger.

- *Chargekalkyler*, vilka ger börvärden för chargerad mängd råjärn, skrot och syrgasmängd, så att analys, temperatur och mängd råstål blir de avsedda.
- *Dynamisk styrning*, vilken avser att styra lanschöjd, syrgasflöde, syrgasmängd och blåstid under blåsningen, så att analys, temperatur och mängd råstål blir de avsedda.

Idag finns väl etablerade modeller för chargekalkyler, vilka baseras på mass- och värmebalanser. En anpassning av modeller och modellparametrar krävs för varje enskild konverter. Modellernas parametrar kan korrigeras från charge till charge genom en jämförelse mellan det av modellen predikerade och det uppmätta sluttillståndet. En sådan adaptation av modellparametrarna utnyttjar modern reglerteori (se avsnitt 5.3). I tab. IV visas exempel på rapporterade resultat. En signifikant sänkning av antalet omblåsta charger har uppnåtts liksom förbättrad träffsäkerhet i analys, temperatur och mängd (9, 10, 11).

Dynamisk styrning avses leda till ytterligare precision i analys och temperatur. Den stora svårigheten är att få noggranna mätvärden på temperatur och kolhalt i den extrema miljö,

Tabell IV. Rapporterade förbättringar vid processstyrning av LD-ugn med chargekalkyler.

Minskad chargetid	5 min i 20 % av chargerna
Högre Fe-utbyte	1 % i 20 % av chargerna
Lägre syrgasförbrukning	0,5 % i 5 % av chargerna
Minskad foderslitage	20 % längre livslängd
Lägre förbrukning av FeSi	15 %
Minskad kalkförbrukning	5 %
Högre legeringsutbyte	2,5 %
Minskad skrotfall	50 %

som råder i konvertern. Stora ansträngningar har gjorts för att utveckla lämpliga givare (12, 13). Även indirekta metoder att uppskatta temperatur och kolhalt prövas (14). Vid direkt mätning erhålles ett mätvärde någon eller några minuter före blåsningens slut. Ur en förnyad prediktion av sluttillståndet för chargen, baserad på dessa mätvärden samt modeller, beräknas nödvändiga styråtgärder. I fig. 2 presenteras nyligen rapporterade resultat (12). En avsevärd fördel med dynamisk styrning är att störningarnas (felvägningar etc.) inverkan i viss mån kan elimineras.

Trots de rapporterade resultaten måste man dock konstatera, att tillräcklig driftserfarenhet ej finns för att bedöma dynamisk styrning som etablerad praxis. De tillgängliga mätmetoderna är ej tillräckligt utprovade och har hög driftskostnad.

Ljusbågsugnar

Datorsystem har blivit alltmer vanliga för styrning av ljusbågsugnar. Detta följer bl.a. av införandet av högeffektugnar. Den större produktionen i dessa ugnar gör en styrsysteminstallation mer lönsam.

Tre olika systemfunktioner kan urskiljas:

- styrning av elektroderna för att minimera energiförbrukningen och minska foderslitage
- styrning av chargen ur material- och energibalanser
- koordinering av energiförbrukning för flera ugnar

Två eller flera av funktionerna ingår normalt i ett system. Avsevärda besparingar har redovisats (15).

Stränggjutning

Vid stränggjutning bör gjutningshastighet och kylförhållanden i kokillen styras beroende på inkommande materials temperatur och kvalitet.

Installerade datorsystem har funktioner av typen datainsamling, övervakning samt reglering av lokala variabler. Styrning av gjutningen från charge till charge med statistiska modeller och adaptation av modellparametrar, resp. dynamisk styrning under gjutningen baserad på kontinuerliga mätningar, befinner sig fortfarande i ett tidigt utvecklingskede.

3.4 Valsning

Den största insatsen har gjorts på varmvalsning och antalet installationer i världen kan uppskattas till ca 100.

Götvalsverk

I götvalsverk finns inte samma krav på precision i valsningen som i plåtvalsverk. Ett styrsystem kan därför inte motiveras med lättgripbara intäktskällor av typen utbytesökningar. Likväl har ett stort antal installationer gjorts, t.ex. i Japan mer än 15.

Följande aspekter bidrar till investeringsviljan. Sannolikheten för felmanövrer blir mindre än vid manuell valsning, vilket minskar risken för utlösningar på el-systemet, slitage och chockbelastningar. I ett produktionsstyrningssystem blir nödvändig information lättare tillgänglig, varjämte rapporteringen underlättas.

Plåtvalsverk

De viktigaste funktionerna i ett processdatorsystem för ett plåtvalsverk är

- tjockleksstyrning
- breddstyrning
- profilstyrning
- formstyrning
- planhetsstyrning
- valsning av tunt material
- styrning av materialegenskaper

I de tre första fallen är målet att dels i genomsnitt få plåt med rätt slutdimension, och dels att få så liten spridning kring denna slutdimension som möjligt.

Lösningen på styruppgifterna ges av idag väl utvecklade modeller för materialdeformationen samt valsstolens och valsarnas deformation under ett stick, från stick till stick och från heta till heta. Plåtens egenskaper (tjocklek, profil etc.) efter ett stick kan predikteras med hög noggrannhet. Precisionen kan vidmakthållas under kampanjen genom återföring av manuellt eller automatiskt uppmätta värden, vilka används för adaptation av modellparametrarna. Styrningen av profil, form och planhet måste ta hänsyn till att dessa kvalitetsvariabler är starkt kopplade. Kopplingen har den karaktären, att styråtgärder för att förbättra en av variablerna kan medföra att en annan variabel försämras. Denna styrning är ett komplicerat avvägningsproblem.

Svårigheten att valsa till tunna dimensioner beror på alltför kall plåt under de sista sticken. En "kortaste stickserie" har därför stort värde även bortsett från den produktionshöjande effekten. Sådana "kortaste stickserier" kan idag beräknas av processdatorn. Metoden bygger på att t.ex. maximal reduktion tas med hänsyn till begränsningar (max. valskraft, max. vridmoment, slirning etc.) under första delen av stickserien. Under de sista sticken sker valsningen med hänsyn till planhetskrav och slutdimensioner. Genom att hela den resterande stickserien beräknas efter varje stick, elimineras inverkan av störningar.

Fig. 3 visar de tjockleksnoggrannheter, som uppnåtts i ett speciellt fall (16).

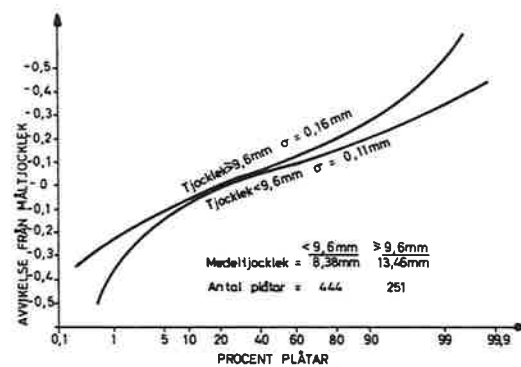


Fig. 3. Noggrannhet i tjocklek vid automatisk styrning av plåtvalsverk.

En fullständig redovisning av lönsamhetsaspekter är komplicerad och omfattande. Enbart utbytesförbättringar på upp till 3 % har rapporterats (16, 17).

Varmbandvalsverk

Varmbandvalsverk har i stor utsträckning försetts med processtyrning i USA och Japan (18, 19, 20). Systemen kan omfatta följande funktioner:

- produktionsstyrning
- ugnstyrning
- stickserieberäkningar, förverk
- stickserieberäkningar, färdigverk
- positionering och hastighetsreglering
- temperaturstyrning
- datainsamling

Systemen består ofta av flera datorer. Satsningen på processdatorsystem av denna komplexitet visar att varmvalsningsprocessen behärskas väl.

Kallbandvalsverk

I dessa verk har datorsystem kommit till användning i mindre grad än för varmbandvalsverk. När goda fasta stickserier finns, ger ett konventionellt tjockleksreglersystem tillräcklig noggrannhet. Ett stort samarbetsprojekt mellan industri och forskningsinstitutioner har dock rapporterats från England (21).

I reverserande kallbandverk blir lönsamheten av styrsystem mer tveksam, eftersom produktionen är mindre. Datorsystem finns dock installerade där speciella funktioner har motiverat detta. Det rör sig då om begränsade system av typ datainsamling, hastighetsstyrning, datoriserad tjockleksreglering m.m.

Värmugnar

En översikt av möjligheterna att utnyttja datorsystem för ugnstyrning rapporterades vid Jernkontorets Valsverksdag 1973 (22). Rapporten var pessimistisk.

Sedan dess har emellertid energikostnaderna dramatiskt ökat, varför en omvärdering kan vara nödvändig. Den stora intäktsposten vid ugnstyrning är minskade energikostnader.

Ur reglerteknisk synpunkt är emellertid ugnprocessen mycket komplicerad. Processens kvalitetsvariabel – ämnenas medeltemperatur – går ej att mäta och ämnenas yttemperatur är svår att mäta. Ett lyckat resultat kommer därför att bero på de matematiska modellernas precision. Detta dyrbara processkunnande är dock på väg att etableras.

4. Processtyrningsprojekt

Processdatorprojektet skall drivas med samma metoder som varje annat projekt. Accepterade metoder för planering, uppföljning, budgetkontroll etc. skall utnyttjas även här. Några speciella punkter skall vi dock behandla.

4.1 Systemtyper

Vi kan särskilja två typer av system:

- paketsystem
- kundanpassade system

I det förra fallet har en systemleverantör bedömt det möjligt ur ekonomisk och teknisk synpunkt att utveckla ett standardsystem för en viss process. Ett gott exempel på framgångsrika paketsystem är styrning av pappersmaskiner, där ca 200 system av två fabrikat sålts över världen. Paketsystemet karakteriseras av relativt liten ingenjörsinsats i varje enskild installation, ofta integrerad speciell mätteknik, mindre möjlighet att anpassas till mycket speciella kundkrav samt en hög utvecklingskostnad.

Det kundanpassade systemet blir i stor utsträckning skräddarsytt, bortsett från att generell program- och maskinvara utnyttjas. Mantidskostnaden kan bli mycket stor. Samtliga kundkrav kan tillmötesgå.

Vi kan förvänta oss att tendensen mot paketsystem blir mer markerad även inom järn- och stålindustrin av först och främst kostnads-skäl.

4.2 Ansvarsfördelning

Ett framgångsrikt genomförande av ett processdatorprojekt ställer stora krav på projektgruppens kompetens. De viktigaste kompetensområ-

	PAKETSYS- STEM	KUNDANPASSAT SYSTEM
PRESTANDAANALYS		■
FUNKTIONSANALYS		■
SYSTEMSPECIFIKATION	■	■
PROGRAMSYSTEM		
GENERELL PROGRAMVARA		
PROCESSPECIFIK PROGRAMVARA	■	■
MASKINVARA	■	
TEST PROGRAMVARA		■
TEST MASKINVARA	■	
TEST SYSTEM		■
UTBILDNING	■	■
UPPARBETNING PRESTANDA	■	■
	□ LEV. ANSVAR	■ BEST. ANSVAR

Fig. 4. Ansvarsfördelning mellan beställare och leverantör vid paket- resp. kundanpassade system.

dena är processen, reglerteknik, mätteknik, ergonomi, elektronik och programvara.

Järnverket kan organisera en sådan grupp genom att delvis anlita leverantörer eller konsulter.

Fig. 4 visar att investering i paketsystem kräver litet engagemang av beställaren. Produkten är väl definierad och kan ofta utan större svårighet värderas ekonomiskt. I en del fall genomförs projektet i sin helhet av järnverket. Detta är sällsynt i Sverige eftersom kontinuerlig sysselsättning för en processtyrningsgrupp kräver stora produktionsenheter.

4.3 Utbildning – underhåll

Utan intensiv utbildning av drift-, underhålls- och utvecklingspersonal kan inget processdatorprojekt bli en framgång. Det är helt nödvändigt att få personalen att se datorsystemet som ett verktyg för att underlätta deras arbete.

Styrsystemets underhåll utförs på tre nivåer:

- maskinvaruunderhåll
- anpassning av systemet till förändrade drift-rutiner
- utveckling av processspecifika systemdelar för ökade prestanda

Prestandaökningen kan mätas under projektets gång. Ett förlopp enligt fig. 5 har iakttagits.

Punkt A representerar idrifttagande av anläggningen. Upparbetningen påbörjas, och denna är avslutad i punkt B. Ett nytt jämviktsläge har uppnåtts och kan vidmakthållas till punkt

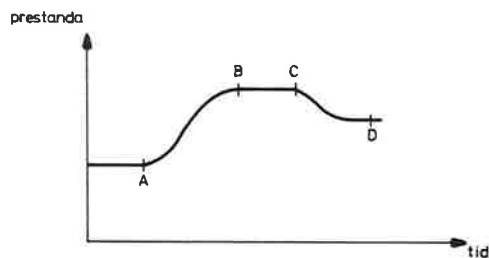


Fig. 5. Schematiserad relation mellan prestanda och tid under ett projekt.

C, då den intensiva uppföljningen upphör, projektgruppen splittras och andra projekt vidtar. Ett nytt lägre jämviktsläge nås i punkt D. Det är möjligt att vidmakthålla den högre nivån och på sikt höja denna, men det kräver en speciell insats. Det har i många branscher visat sig nödvändigt att ha en tekniker med speciellt uppdrag att arbeta med systemet och endast detta.

4.4 Finansiering

Processtyrningssystem tillhör den kategori av utrustning som kan leasas. Detta har den fördelen, att utgifterna kan överflyttas från investerings- till driftbudgeten. Utgifterna uppträder heller inte förrän samtidigt med intäkterna.

5. Utvecklingstendenser

5.1 Maskinvara

Datorn

I ett komplext processtyrningssystem är kostnaden för datorutrustningen endast en ringa del av totala kostnaden. Datorns standardprogramvara inverkar dock starkt på kostnaden för ingenjörsarbete. Kostnaden för datorutrustning i ett typiskt processdatorsystem är idag ca 100 000 kr. Pris/prestanda-relationen har utvecklats mycket fördelaktigt de sista 10 åren. Vi kan förvänta oss en fortsättning av denna utveckling. Speciellt kan nya teknologier för lagring av data i snabbåtkomliga minnen pressa priset nedåt och prestanda uppåt.

Nyligen har s.k. mikrodatorer introducerats. Dessa relativt långsamma och svårprogrammerade men billiga datorsystem har fått stor användning i t.ex. komplicerade mätsystem. Mikrodatorn har ökat möjligheterna att utveckla avgränsade men prisbilliga reglersystem. Enklare tillämpningar inom stålindustrin kan förväntas lösas med denna teknologi.

Kommunikation

Utformning av datorsystemets kommunikation med omgivningen är ett av de viktigaste problemen. Systemet skall kommunicera med:

- 1) operatörer
- 2) processen
- 3) andra processtyrningssystem
- 4) centrala datorer för produktionsstyrning, planering och rapportering

I litteraturen har punkt 4) behandlats under rubriken hierarkiska system och integrerade järnverk. Vi skall här bara konstatera, att det totala informations- och styrproblemet är omfattande och komplext. Ett realiserande av detta i Sverige ligger långt fram i tiden.

Med andra processtyrningssystem kommunicerar man med hålremsa, magnetband (t.ex. kassetter, disketter) eller över datalänk.

Kommunikationen med operatörerna är mycket väsentlig. Utformningen av denna skall ske i nära samarbete med operatörerna själva. Idag kan kommunikationen ske över bildskärmar, som ger stora möjligheter att presentera information på ett lättillgängligt sätt. Utvecklingen går mot alltmer avancerad audiovisuell presentation.

Mätteknik

”Inget reglersystem är bättre än sina givare” är förvisso ett sant påstående. En utveckling av processtyrningssystemet mot alltmer avancerad dynamisk styrning av processerna kräver eller underlättas av att nya eller förbättrade givare görs kommersiellt tillgängliga. Detta gäller t.ex. för processerna LD, OBM, masugn och sinterverk.

5.2 Programvara

Operativsystem

Processdatorer har idag effektiva realtids operativsystem både för system med och utan skivminne. Avbrottshanteringen har effektiviserats genom stackfunktioner i maskinvaran. Vissa fabriker har även operativsystem, som tillåter samtidig satsvis körning av program för t. ex. beräkningar.

Programspråk

Det mest använda programmeringsspråket i realtidssystem har varit assemblerspråk, vilket är fabriksbundet. Utvecklingen har gått mot ökad användning av högnivåspråk. Sådana speciella språk för realtidstillämpningar är PROCOL, PEARL, CORAL 66 och Purdue FORTRAN. Vissa datorleverantörer har även utvecklat egna högnivåspråk. Det stora problemet med dessa språk är, att ingen standardisering har kommit till stånd. Standardisering skulle medge användning av samma program på datorer av olika fabriker, vilket vore en stor fördel för användaren.

I avvaktan på en sådan standardisering används FORTRAN med utvidgningar för realtidstillämpningar, Purdue FORTRAN, alltmer.

Hjälpprogram

Programutvecklings- och felsökningsprogram är idag standardprogram. Vi kan förvänta oss att dialogprogramvara av denna typ, dvs. hjälpprogram med vilka användaren kommunicerar i klartext, blir mera avancerad och får fler tillämpningar. Ett dialogprogram för processutvecklingsarbete under drift är t.ex. ett redskap, som är under snabb utveckling.

5.3 Modeller och metoder

Modellbygge

Metallurgiska processer är oftast satsvis arbetande. De modelleras i stor utsträckning ur fysikaliska grundekvationer. I de flesta fall arbetar man med statistiska modeller, vilka beskriver sambandet mellan processvariablerna vid början

respektive slutet av en cykel. Mera sällan har man förmått formulera en dynamisk modell för skeendet under en cykel.

Numeriska värden på parametrar i modeller-na skattas ur driftsdata eller experimentella data med regressionsanalys.

Utvecklingsarbete pågår med att etablera och verifiera dynamiska modeller av t.ex. syrgasprocesser. Detta arbete bör underlättas av väl etablerade metoder inom reglertekniken för skattning av parametrar i dynamiska modeller ur mätdata. Vägen till väl känd processdynamik är emellertid både tidskrävande och penningsslukande.

Reglerteknik

De två termerna prediktion och adaption har utnyttjats flitigt vid diskussionen av olika sätt att styra processerna. Innebörden klargörs med ett exempel i det fall vi arbetar med någon typ av satskalkyler.

Antag att vi har en satsprocess P samt en modell M enligt fig. 6, där u är processens insignal och y dess utsignal. I sats n önskar vi att utsignalens värde i sluttillståndet skall bli y_0 . Modellen M kan då användas till att finna insignal som ger det önskade sluttillståndet. Vi säger att modellen *predikterar* att satsen n's sluttillstånd blir y_0 . Ofullkomligheter i modellen liksom störningar ger dock ett verkligt sluttillstånd, som avviker från det predikterade, men vi har inga möjligheter att korrigera för dessa fenomen.

Vi låter nu modellen bero av en parameter x, dvs. $M = M(x)$. Värdet av x ändras med tiden, dvs. från sats n till sats n+1. Differensen mellan det predikterade värdet av utsignalen y_0 och det uppmätta värdet $y_{mätt}$ innehåller då information om felet i värdet av x i sats n (se fig. 7). *Adaption* innebär att värdet av x i sats n+1 ändras med ledning av differensen (felet) mellan predikterat och mätt värde dvs.

$$x_{n+1} = f(x_n, (y_{mätt} - y_0))$$

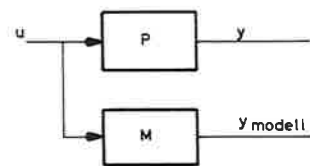


Fig. 6. Prediktion.

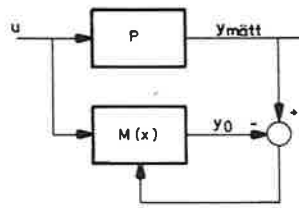


Fig. 7. Adaption.

Adaption ger således en möjlighet att korrigera vår styrning för ofullkomligheter i modellen samt långsamt varierande störningar.

Inom reglerteorin har anpassning av parametrar till data studerats mycket intensivt. Väl utvecklade metoder finns idag tillgängliga. I många fall är dessa ej direkt applicerbara men ger en vägledning vid val av adaptationsmetod. Redan innan modellen formuleras, skall syftet vara väl definierat, eftersom valet av adaptationsmetodik påverkar modellens struktur (linjär/olinjär, statisk/dynamisk).

En stor del av tillämpliga resultat inom reglertekniken har idag formulerats så, att de lätt kan användas i processdatorsystem. Dialogprogram för simulering av processer, analys av och modellbygge ur experimentella data, liksom automatisk dimensionering av reglersystem är mycket kraftfulla verktyg, vilka nu utvecklas.

5.4 Systemkonfigurationer

Samtliga system, som diskuterades i avsnitt 3, har funktionerna datainsamling, övervakning och alarmering, rapportering, operatörskommunikation i mer eller mindre hög grad. Emellertid kan vi särskilja tre nivåer av system.

Systemnivåer

De tre systemnivåerna är

- 1) datainsamling, övervakning, sekvensstyrning och lokal reglering
- 2) satskalkyler med prediktion och adaption, operatörskommunikation samt funktioner enligt 1)
- 3) dynamisk reglering av förloppet under en sats samt funktioner enligt 2)

Med satskalkyler ovan avses chargekalkyler för syrgasprocess, stickserieberäkningar för valsverk etc.

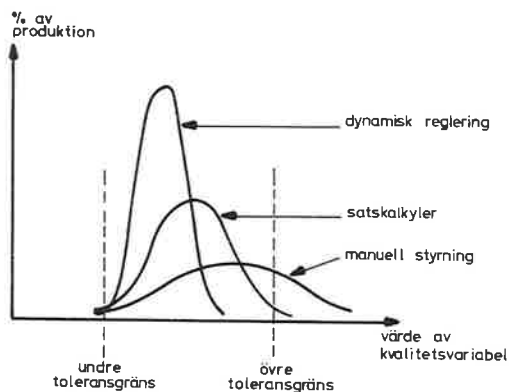


Fig. 8. Schematisk framställning av produktionens kvalitetsfördelning vid olika styrningsmetoder.

Utvecklingen har hittills gått mot alltmer komplicerade system dvs. från 1) mot 3). De ur teknisk synpunkt mest fulländade systemen har installerats på varmbandsverk. Den drivande kraften bakom den ökande komplexiteten är en ökad lönsamhet genom billigare och förbättrad processtyrningsteknik samt processernas ökande produktionskapacitet. Förbättringen av produktkvaliteten åskådliggörs i fig. 8.

Vid ökad komplexitet av systemet förbättras kvaliteten (snävare fördelning), och medelvärdet av fördelningen kan i högre grad styras till önskad punkt inom toleransbandet för att öka utbytet, utnyttja eller möta marknadsituationen.

Val av systemnivå

Det är tveksamt om utvecklingen i Sverige kommer att inriktas på de mest komplexa systemtyperna för alla processer under de närmaste fem åren. Dock kommer varmbandsverk med stor sannolikhet att förses med de mer komplexa systemen. I övrigt är operatörs guide system med en adaptiv satskalkyl som kärna det mest troliga alternativet. I dessa system kommer operatören att vara en integrerad och dynamisk del. Detta i motsats till tidigare försök att eliminera operatören. Stor vikt läggs vid att avgränsa och definiera systemets uppgifter såväl ekonomiskt som tekniskt. Denna utveckling kommer sannolikt att leda till att ytterligare tillämpningsområden öppnas inom järnverken.

6. Sammanfattning

Vi har sett att förväntningarna i slutet av 60-talet ej infriats. Investeringar i processtyrning har ej uppgått till den prognoserade nivån. Orsakssammenhangen bakom detta är komplexa. Marknadsvängningar, överskattning av teknikens mognad etc. har inverkat.

Vi har också sett att mognadsgraden för processtyrning varierar med tillämpningen. I t.ex. varmbandsverk har processdatortekniken tillämpats framgångsrikt och lönsamt sedan några år. Dock har inte alla processtyrningsprojekt varit framgångsrika. Svårigheter har orsakats av tekniska och organisatoriska problem, varför förväntad lönsamhet ej uppnåtts eller fördröjts.

Under de gångna åren har emellertid kunskap om processmodeller och mätproblemen ackumulerats, samtidigt som användandet av datorer förenklats och förbilligats. Idag finns de erfarenheter och det kunnande som är nödvändigt för ett framgångsrikt genomförande av processtyrningsprojekt och ett lönsamt utnyttjande av processdatorsystem. Vi kan därför se fram emot en ökad användning av processdatortekniken inom järnverken.

7. Referenser

1. Steel takes many mini steps in control. Iron Age 211 (1973, april 5).
2. World Steelmen Report on Use of Process Computer Control. Iron Age Metalworking International 9 (1970, maj).
3. Japan Iron and Steel Monthly, 1972, sept., s. 8-9.
4. Processdatorer i Sverige. Elektronik 9 (1969 nr 5).
5. W.D. Millar, C.M. Reed: Use of Computer Techniques for Blast Furnace Burdening Control. International Conference on Iron and Steelmaking Luxembourg 13-15 april 1970.
6. P. Guillemain, N. Lipszye: Computer Control of the Blast Furnace. Digital Computer Applications to Process Control 2. Proceedings of the IFAC/IFIP 2nd International Conference, June 5-9, 1967, Menton, France. Publ. ISA, Pittsburgh 1969.
7. T. Isobe: Automatic Control in the Iron and Steel Industry. Automatica, 6 (1970) s. 111-121.
8. T.R. Schuerger, J.R. Tiskus: On-Line Process Control Computers in the Steel Industry. Metals Engineering Quarterly, 11 (1971) :3, s. 1-4.
9. K. Komoda, N. Shiokawa: The Computer Control System of the LD-plant of Chiba Works. International Conference on Iron and Steelmaking, Luxembourg 13-15 april 1970.
10. G. Dehaly: The automatic control, as seen by the steelmaker. CNRM nr 15, June 1968.

11. G. Bianchi, G. DoHé, R. Lecigne: Automatisation de l'affinage à l'oxygène. *Revue de Métallurgie* 70 (1973) s. 201–211.
12. T. Yasui: Dynamic Control of LD Converter with Digital Computer. *Proceedings of 4th IFAC/IFIP International Conference on Digital Computer Applications to Process Control, Part II*, s. 112–121, Springer Verlag, Berlin 1974.
13. D.W. Kern, P.D. Stelts, R.J. Fradeneck: Sensor-Lance for BOF Control. *Journal of Metals* 23 (1971) s. 9–19.
14. H. Voll, P. Dauby, D. Ramelot: Improvement in Oxygen Furnace Controllability. *Proceedings of 4th IFAC/IFIP International Conference on Digital Computer Applications to Process Control, Part II*, s. 99–111, Springer Verlag, Berlin 1974.
15. H.W. Riddervold, M. Møhagen, O.P. Thoresen: Computer Controlled Steel Melting in a 50 Tons Electric Arc Furnace. *International Conference on Iron and Steelmaking, Luxembourg* 13–15 april 1970.
16. W.L. Weeks, D.J. Fapiano: Impact of Automatic Control on Republic's Plate Operations. *Iron and Steel Engineer* 48 (1971) s. 29–35.
17. Processtyrning av varmvalsverk för göt, plåt och band. Jernkontorets forskningsuppgift 312/68.
18. J. Barinaga, L.W. Spradlin: How to Bring Hot Strip Mill Automation On-Line Rapidly. *Iron and Steel Engineer* 49 (1972) s. 52–60.
19. T. Arimura, M. Okado, M. Kamata: Process Computer Control for Strip Mill. *Nippon Kokan Technical Report-Overseas*, June 1972.
20. W.E. Miller, W.G. Wright: Digital Computer Applications in Metallurgical Processes. *Proceedings of 4th IFAC/IFIP International Conference on Digital Computer Applications to Process Control, Part III*, s. 125–139. Springer-Verlag, Berlin, 1974.
21. G.F. Bryant (ed.): *Automation of Tandem Mills*. The Iron and Steel Institute, London 1973.
22. D. Sandor: Processtyrning av värmugnar med datorer. Jernkontoret, Valsverksdagen 16 okt. 1973.