

# Sodahuskommittén

Handläggare  
David Good  
Mobil: +46-(0)10-455 17 54  
SMS: +46-(0)70-534 67 05  
[david.good@dekra.com](mailto:david.good@dekra.com)

Datum  
2016-11-23

Utgåva  
1

## Löprännor: Utdrag från Sodahuskonferensen 1974 och Sodahuskonferensen 1975

I samband med att Sodahuskommittén under 2016 genomförde en löprännestudie fann Fredrik Bruno material kring löprännor som presenterades på Sodahuskonferensen 1974 och Sodahuskonferensen 1975.

### **Sodahuskonferensen 1974:**

Finska erfarenheter av löprännor – Arto Aaltonen, EKONO

Löprännor – resultat från fortsatta undersökningar – Åke Lindström, Ångpanneföreningen, Stockholm

### **Sodahuskonferensen 1975:**

Val av material till löprännor – Fredrik Bruno, Ångpanneföreningen, Stockholm

Om löprännor – Anders Vegeby (Anders Vegeby arbetade först på Ångpanneföreningen innan han började på Götaverken Ångteknik. Det är osäkert vilken arbetsgivare han hade vid tillfället för Sodahuskonferensen 1975).

Materialet har samlats ihop i detta dokument.

## Finska erfarenheter av löprännor

Arto Aaltonen, EKONO

Den finska Sodahuskommittén beslöt för ett par år sedan att genomföra en kartläggning av löprännornas egenskaper och driftsbetingelser på samtliga finska sodahusanläggningar. Insamling av material utfördes i form av en skriftlig enkät till driftspersonalen.

För att om möjligt få reda på vilka faktorer i rännkonstruktionen eller driftsbetingelserna som mest påverkar löprännornas livslängd behandlades materialet med en grov statistisk metod.

I detta sammanhang har jag för avsikt att kort behandla driftserfarenheterna, den nämnda analysmetoden samt några exempel på olika variablers inverkan på löprännornas bytesintervall.

### Bytesintervall

Bytesintervallen för löprännorna på de undersökta sodapanornorna varierade från tre månader till fem år. Fördelningen var relativt ojämn såsom framgår av bild 25, och för 14 pannor av totalt 26 hade som bytesintervall angivits 12 månader.

Dock utfördes rännbytet som en förebyggande underhållsåtgärd trots att några egentliga skador förekommit endast på fyra pannor. För övrigt hade bytet förorsakats av något slags skada på rännan. I medeltal var bytesintervallet således ungefär ett år.

Fördelning av bytesintervallen

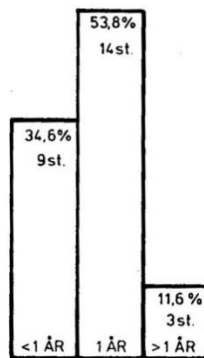


Bild 25

### Förekomst av skadorna

Fördelningen av skadorna på smält- respektive vattensidan ses i bild 26. På ca 58 % av pannorna förekom skador enbart på rännornas smältsida, medan skador enbart på vattensidan konstaterades blott på ca 8 % av pannorna. Skador på båda sidor konstaterades i 19 % och inga skador före rännbytet i 15 % av pannorna.

Förekomst av skador på rännans smält- resp. vattensida

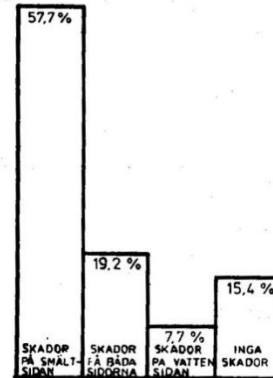


Bild 26

Det förefaller således som om problematiken koncentrerar sig på rännornas smältsida.

De på smältsidan förekommande skadorna har klassificerats av driftspersonalen så att 44 % av skadorna har ansetts vara förorsakade av slitage, 30 % av korrosion och 26 % av sprickbildning eller andra mekaniska fenomen.

Det är emellertid ytterst svårt att i praktiken göra åtskillnad mellan slitage och korrosion i detta fall. Dessa företeelser står ytterligare i intimt samband med varandra på så sätt att de bildade kemiska reaktionsprodukterna slits ned av smältaflödet. Skadorna kan således till 3/4 anses ha korrosionskaraktär och till 1/4 mekanisk karaktär.

På vattensidan var motsvarande andelar 86 % och 14 %.

Skadorna var lokaliserade mest till nedre delen av rännan och speciellt vid smältutloppet.

### Behandling av materialet

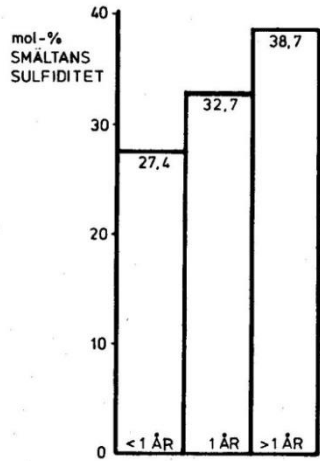
Granskar man närmare den ojämnna bytesintervallsfördelningen och orsakerna till rännbyten, kommer man till den slutsatsen att de angivna bytesintervallen bör anses som grova approximationer. Detta skulle ge upphov till stora fel vid t ex en eventuell regressionsanalys. Dessutom fyller utgångsdata inte kravet på en nödvändig systematisk tabellering.

Information om hur olika variabler påverkar löprännans bytesintervall fås emellertid t ex genom att dela materialet i tre grupper: 1) bytesintervallet under 1 år, 2) jämnt 1 år och 3) över 1 år, och genom att beräkna medelvärdet gruppvis för varje tänkbar variabel. Resultatet kan ytterligare åskådliggöras genom att dessa medelvärden presenteras avsatta mot bytesintervallet i stapeldiagram enligt bilderna 27 - 32.

Det bör dock observeras, att den erhållna informationen har endast kvalitativ betydelse. Den meddelar blott om inverkan av någon variabel är positiv, negativ eller neutral.

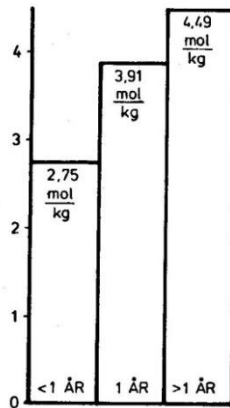
**Inverkan av smältans sulfiditet**

$$\frac{\text{Na}_2\text{S}}{\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{S}} \times 100 \text{ mol-\%}$$



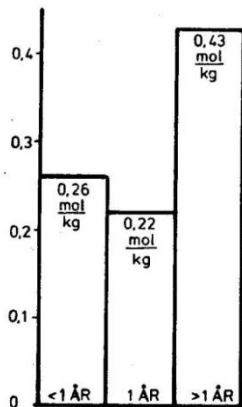
**Bild 27**

**Inverkan av sulfidkoncentrationen**



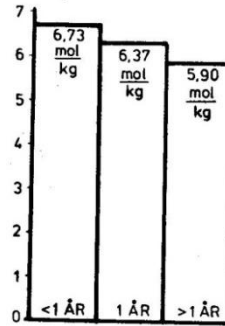
**Bild 28**

**Inverkan av sulfatkoncentrationen**



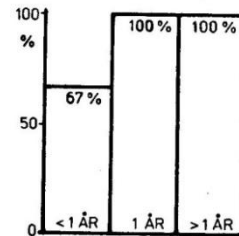
**Bild 29**

**Inverkan av karbonatkoncentrationen**



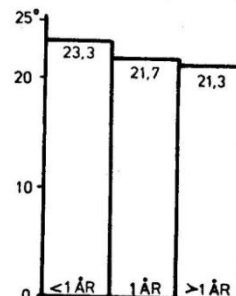
**Bild 30**

**Andel av kylsystem med behandlat vatten**



**Bild 31**

**Inverkan av lutningsvinkeln**



**Bild 32**

**Variablerna**

Man kan tänka sig, att rännans bytesintervall påverkas av

- smältans egenskaper
- kylvattnets och kylsystemets egenskaper
- rännans konstruktiva egenskaper
- rengöringsfrekvensen

Vid granskning av materialet kunde emellertid inga direkta samband konstateras. Man var tvungen att behandla materialet på ett sätt som beskrevs i föregående avsnitt.

De viktigaste resultaten har sammanfattats i följande tabeller:

Egenskap hos smälta	Verkan
Ökande sulfiditet	Positiv
Sulfatkoncentration	—
Stigande temperatur	Positiv
Ökande smältaflöde	(Negativ) <sup>1)</sup>

Egenskap hos kylsystem	Verkan
Behandlat vatten	Positiv
Vattnets strömningshastighet	—
Undertryck/övertryck	—
Stigande vattentemperatur	(Positiv) <sup>1)</sup>

Rännkonstruktion	Verkan
Bottens krökningsradie	—
Ökande lutningsvinkel	Negativ
Längd	—

<sup>1)</sup> Parentes antyder osäkert utslag

Olika rännmaterial har inte kunnat jämföras på grund av att alla rännor bestod enbart av kolstål med undantag av tre fall med påsvetsning. Dessutom hörde samtliga påsvetsningsfall till gruppen med bytesintervallet 1 år.

Inverkan av rengöringsåtgärder, såsom spettning, kunde inte uppskattas på grund av något från varandra avvikande definitioner av rengöringsfrekvensen.

Man har även försökt eliminera inverkan av smältans kemiska sammansättning genom att ta under behandling endast de fall där smältans sulfiditet varierar inom ett bestämt smalt intervall. Därmed reduceras dock antalet undersökta fall så pass kraftigt, att endast några bekräftelser för tidigare erhållna beroenden kan konstateras.

Det mest intressanta bland erhållna beroenden är väl, att smältans kemiska sammansättning tycks ha inverkan på löprännans livslängd, varvid problemet med löprännor torde bli ännu mer komplicerat.

**Diskussion****Bertil Fagerlund, Lövholmen**

Det var litet förvånande det här sambandet mellan sulfiditet och rännornas hållbarhet i belysning av att det är korrosionserosion som många gånger är orsaken till utvändiga förslitningar av löprännan. Jag skulle vilja fråga om man i samband med sulfiditetsmätningarna också har gjort mätningar av polysulfid. Kan man möjligen tänka sig det förhållandet att man vid de höga sulfidhalterna har så pass höga polysulfidhalter att man får en passivering?

**Arto Aaltonen, EKONO**

Några mätningar av polysulfidkoncentrationer har inte gjorts och det här materialet bestod ju av svar på en rundfråga, där man inte hade gett några anvisningar för noggrannare analyser just för den här avsikten.

**Sven Olof Sandberg, MoDoCell**

Ja, det var med anledning av vad Tom Roos säger där han på-

pekar hur många procent av fallen som man skulle ha användning av vid en nödnedledning genom att tömma pannan till 3 m höjd. Jag skulle väl snarare vilja säga att det är tvärt om alltså, att 85 % av skadorna på väggarna ligger under 3 m höjd och 15 % ovanför.

**Gunnar Holme, Ångpanneföreningen**

Det ligger onekligen någonting i Sven Olof Sandbergs påstående. Vad säger Tom Roos? Är det inte nedre delen av väggen som är farligast?

**Tom Roos, EKONO**

Det är det nog utan vidare. Det är sedan fråga om hur man bedömer botten i det här fallet. Alltså, jag är inte säker på vad amerikanerna menar med botten. Det kan hända att en del av sidoväggarna också är med.

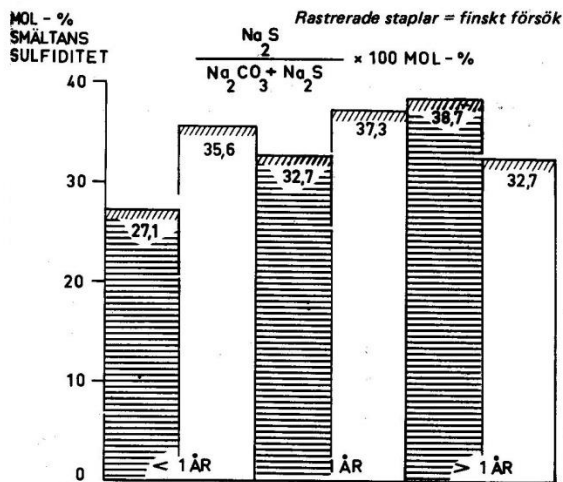


Bild 62. Inverkan av smältans sulfiditet

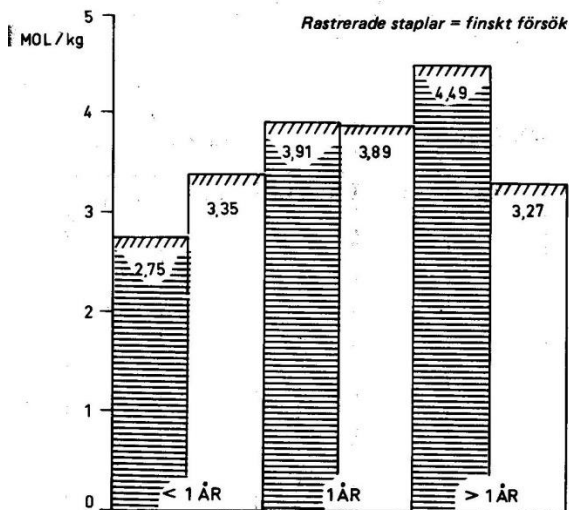


Bild 63. Inverkan av smältans sulfidkoncentration

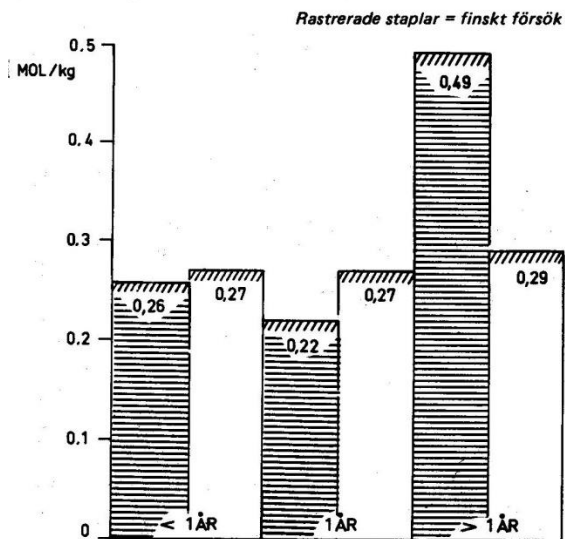


Bild 64. Inverkan av smältans sulfatkoncentration

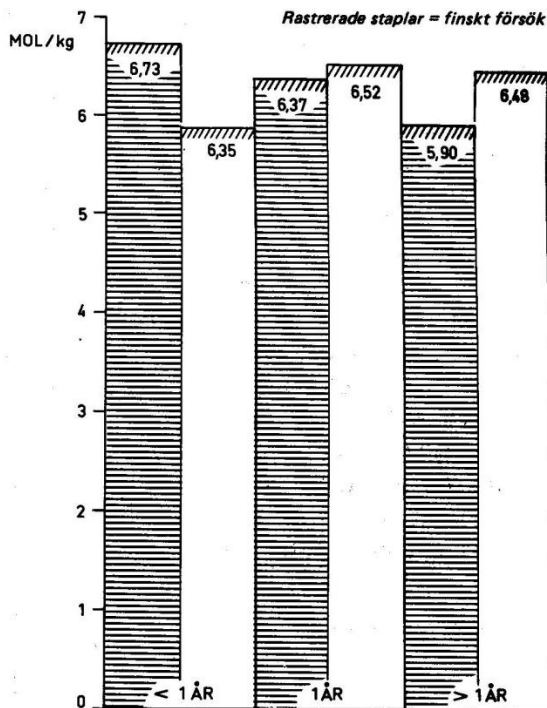


Bild 65. Inverkan av smältans karbonatkoncentration

**Kylsystem**

Löprännan är ju, som vi vet, en vattenkyld stålränna och kylningen har på de flesta rännorna ordnats så att vattnet flyter mot smältaströmmen i rännans längdriktning endast en gång, men det finns också rännor där man låter vattnet flyta flera gånger i rännornas längdriktning. För att få en uppfattning om kylvattnets kvalitet har någon inverkan på bytesintervallens längd har vi gjort den sammanställning som framgår av bild 66. Vi har där också skilt på rännorna av kolstål och sådana av rostfritt stål.

Endast sex av 32 tillfrågade fabriker sätter till något korrosionsskyddande medel som hydrazin, natriumhydroxid eller liknande i kylvattnet. Däremot är det dubbelt så många som regelbundet kontrollerar vattnets kvalitet genom ledningsförmågemätningar, pH-värdesbestämning och liknande. Kontrollintervallen varierar från dagligen till en gång per månad. Av bild 67 framgår fördelningen av typen kylsystem i förhållande till bytesintervallen.

Som framgår av bild 66 och 67 verkar det vara så att varken valet av kylvattensystem eller vattnets kvalitet har påverkat bytesintervallens längd. Detta är väl också ganska klart ty, som även sagts i en tidigare rapport, blir bytesintervallens längd främst beroende av vilken god eller dålig erfarenhet driftingenjören haft av rännorna på pannan.

**Val av material till löprännor**

Av bilderna 66 och 67 framgår att man till 20 löprännor valt kolstål och till 29 rostfritt stål.

Vi har här angrepp på materialet från två fronter, dels från vattensidan och dels från smältasidan. En löpränna av kolstål visar förhållandevis goda egenskaper på smältasidan men alltför stor risk för korrosion på vattensidan. En ränna av rostfritt är sämre på smältasidan.

## Löprännor – resultat från fortsatta undersökningar

Ake Lindström, Ångpanneföreningen, Stockholm

Sodahuskommittén har på samma sätt som man gjort i Finland kartlagt löprännornas driftbetingelser med hjälp av en enkät. Vi har erhållit svar från samtliga fabriker.

Materialet är stort och någon fullständig redogörelse har ännu inte utarbetats. För att kunna jämföra erfarenheterna från Finland med dem från Sverige har vi valt att presentera materialet på samma sätt som de finska erfarenheterna presenterades vid sodahuskonferensen 1974.

Vi har alltså delat in materialet i tre grupper:

- grupp 1** bytesintervaller under 1 år
- grupp 2** bytesintervaller jämnt 1 år
- grupp 3** bytesintervaller över 1 år

### Bytesintervaller

Fördelningen av löprännornas bytesintervaller framgår av bild 60. I 78 % av fallen måste man byta oftare än en gång om året, i vissa fall till och med en gång varannan månad. 10 % hade bytesintervaller på 1 år och för 12 % av rännorna var bytesintervallen längre än 1 år samt i något fall 2 år. I medeltal var bytesintervallen 8 månader.

De flesta rännbyten har utförts som en förebyggande underhållsåtgärd och i ca 20 % av fallen har rännorna bytts på grund av haveri. Ett rännbyte fordrar i medeltal nio timmars total avställningstid av luteldningen och för själva ränn-

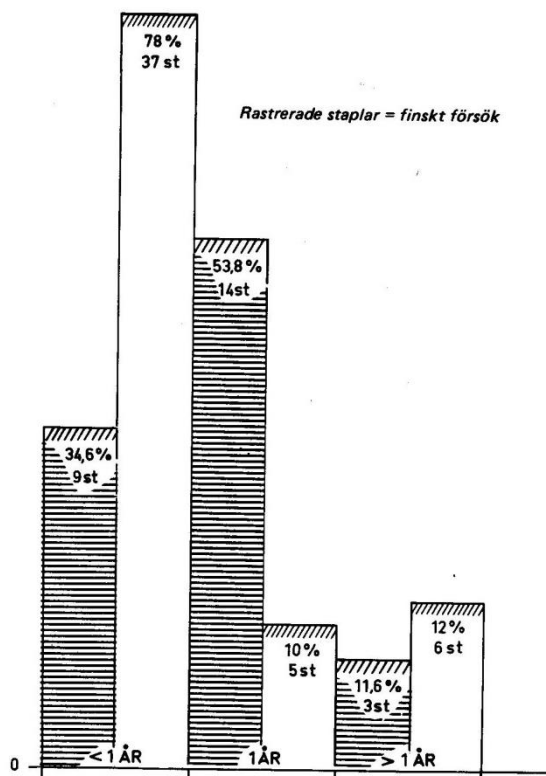


Bild 60. Fördelning av bytesintervaller

bytet åtgår i medeltal fyra timmar. Av bild 60 framgår att löprännorna på finska aggregat har längre bytesintervaller än de svenska.

### Skador

Skadorna fördelas enligt bild 61. 87 % av undersökta rännor har skador på rännans smältasidor, 11 % har skador på både smälta- och vattensida och 2 % enbart på rännans vattensida.

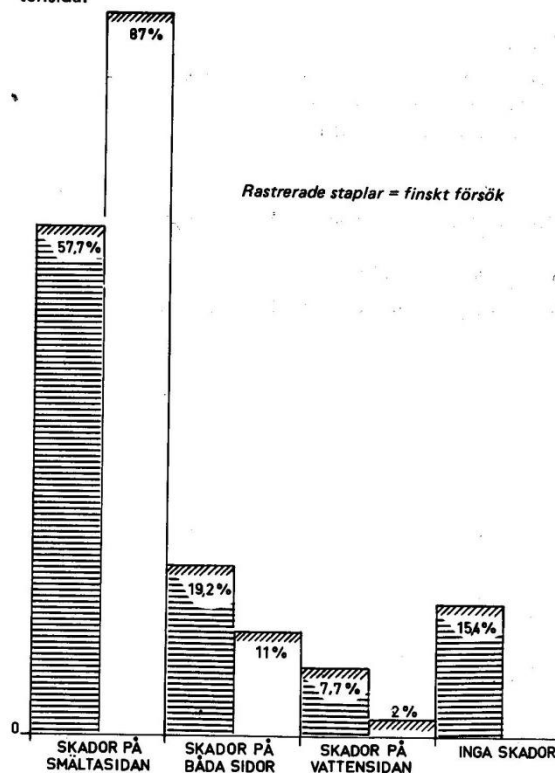


Bild 61. Förekomst av skador på rännans smält- respektive vattensida

Liksom vid de finska undersökningarna har det konstaterats att problemen är koncentrerade till rännans smältasida.

Det största antalet skador på smältasidan är lokaliserade till rännans smältautlopp, en fjärdedel av rännorna hade skador i rännans nedre del och endast ett fåtal i rännans inlopp.

Sprickor och erosions-skador är de vanligaste skadorna, därefter kommer skador förorsakade av spettning. Skadorna på vattensidan har uppkommit genom sprickor och korrosion.

### Information

Vi har i likhet med vad som redovisades på sodahuskonferensen 1973 inte kunnat finna något som helst samband mellan bytesintervallen och den kemiska sammansättningen på smältan i den här behandlingen av materialet. Bilderna 62, 63, 64 och 65 visar detta.

**BYTESINTERVALLER**

	KOLSTÅL			LEGERAT		
	< 1 ÅR	1 ÅR	> 1 ÅR	< 1 ÅR	1 ÅR	> 1 ÅR
AVHÄRDAT VATTEN					1	
TOTALAVSALTAT VATTEN		1		5		3
KONDENSAT				2		
"  MEK.FILTRERAT		1				1
"  KEM.BEHANDLAT						
MATARVATTEN						
"  AVHÄRDAT	3			3		1
"  TOTALAVSALTAT (+KOND)				1		
MEK.RENAT VATTEN	8			8	1	1
ANNAN VATTENKVALITET:						
SANDFILTRERAT RÅVATTEN	3			2		
INSJÖVATTEN	3					
VATTENLEDN.VATTEN		1				
	17	3		21	2	6
	$\Sigma = 49$ st					

Bild 66. Vattenbehandling

	KOLSTÅL			LEGERAT		
	< 1 ÅR	1 ÅR	> 1 ÅR	< 1 ÅR	1 ÅR	> 1 ÅR
KYLVATTENSTRÖMNING :						
GENOM PUMPCIRKULATION ÖVERTRYCK	3			1		
"  "  "  UNDERTRYCK				1		
"  "  "  BAL.O-TRYCK				3		1
NIVÅSKILLNAD MELLAN KYLVATTENTANK						
"  "  "  ÖVERTRYCK				3		
"  "  "  UNDERTRYCK	2			1		
"  "  "  BAL.O-TRYCK				1		
ANSL.TRYCKVATTENL. ÖVERTRYCK	5			5		
"  "  "  BAL.O-TRYCK		1				
"  EJEKTORER UNDERTRYCK	7	2		6	2	5
	17	3		21	2	6
	$\Sigma = 49$ st					

Bild 67. Kylsystem

Problemen på vattensidan hänger ihop med vanlig syrekorrosion och har man en löpränna av kolstål måste man förvissa sig om att avfrätningen hålls inom rimliga gränser. Detta kan ske genom användningen av avsaltat och avgasat vatten i ett slutet system. Om man i stället sätter in rostfritt stål är risken mindre för problem på vattensidan, men man får nu fullt av sprickor på smältasidan. Detta med sprickor på smältasidan är nu inte något som är ovanligt för rostfritt stål, det har också iakttagits på rännor av kolstål där sprickor emellertid uppträder i betydligt mindre omfattning. När man fått sprickor, bild 68, i ett rostfritt stål har man provat ett annat och har kunnat konstatera att stål som SIS 2343 får likadana sprickor som SIS 2337 eller 2338. Det är kanske inte så underligt om man antar att orsaken till sprickbildningen är termisk utmattning. De olika rostfria stål man för-

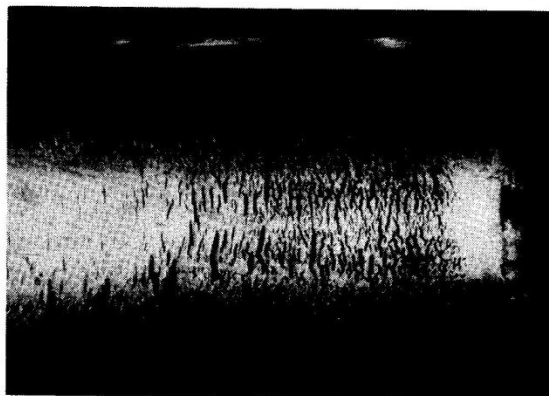


Bild 68

sökt har ungefär samma motståndskraft mot termisk utmattning. Termisk utmattning får vi när vi regelbundet utbildar en kraftig temperaturgradient i materialet.

Rostfritt stål och kolstål har helt olika förutsättningar för termisk utmattning. För det första är värmeledningsförmågan och då framför allt det så kallade temperaturledningstalet av stor betydelse och detta skiljer sig med en faktor 5 mellan kolstål och rostfria stål till det rostfria stålets nackdel. Temperaturgradienterna kommer således att bli mycket brantare för rostfria stål än för kolstål. Dessutom är den termiska längdutvidgningen nästan 40 % större för rostfria stål än för kolstål.

Det finns många obesvarade frågor: Varför får vi den termiska utmattningen enbart på smältasidan? Vi borde ju ha förutsättningar för termisk utmattning även på vattensidan.

Materialet till en löpränna bör ha goda termiska egenskaper, dvs högt temperaturledningstal och liten värmeutvidgning, det bör dessutom ha god utmattningshållfasthet.

Materialet bör dessutom vara rostfritt om vi inte helt vill förändra utformningen av kylsystemet.

Mörrums Bruk använder till löprännor för sina båda sodapannor ett austenitiskt kisellegerat rostfritt stål från Avesta Järnverk med något högre sträck- och brottgränsvärden än de

vanligaste austenitiska varianterna och har med detta på den ena pannan uppnått den längsta genomsnittstiden mellan rännbyten, 18 - 24 månader. Den andra har intervallen 8 - 12 månader.

Sodahuskommitténs löprännegrupp i samarbete med tillverkarna kommer att pröva ett antal andra möjligheter, t ex compoundplåt, som ju har svartplåtens goda egenskaper på smältasidan och det legerade stålets fördelar på vattensidan. Dessa försök kommer att startas i Alfredshem under december månad. Man har valt att pröva två rännor, en av rostfritt material och en av compoundplåt med 7 mm kolstål vänt mot smältasidan och 1 mm austenitiskt stål mot vattensidan.

Combustion Engineerings erfarenhet är att bästa löpränne-materialet är rent järn, med en C-halt av 0,02 %. Vi kommer att försöka pröva detta material i de fortsatta undersökningarna. Vid en fabrik har man sökt lösa problemet med löpränneslitage genom att sedan 1966 använda löprännor med konisk löpyta, alltså rännans utloppsända är vidare än inloppsändan. Enligt erfarenhet var detta en avsevärd förbättring. Rännorna har tillverkats i rostfritt material.

Innan jag slutar vill jag säga att vår metallurg Fredrik Bruno har gjort en utredning om synpunkter på val av material, vilken kommer att intagas i protokollet.



## Val av material till löprännor

Fredrik Bruno, Ångpanneföreningen, Stockholm

När man väljer material till löprännan måste man ta hänsyn till att miljön kan vara ganska besvärlig på båda sidor av rännan. Vattensidan och smältasidan representerar så olika miljöer att de egentligen kräver olika material.

### Skadebild

Av skadorna på rännornas smältasida kan vi förstå att man där i första hand inte har korrosion som problem, utan i stället termisk utmattnings. Sprickorna börjar på smältasidan som mycket skarpa och raka och växer ner genom plåten samtidigt som de blir bredare. I rännan på bild 68 är det dock inte någon spricka som vuxit igenom hela plåtväggen, trots att angreppet är ganska utbrett och sprickorna ser mycket djupa ut på smältasidan. Sprickorna är hela tiden vinkelräta mot rännans längdriktning, vilket kan bero på att plåten är styvare i denna riktning. Skadorna är koncentrerade till området kring rännans utlopp, men även området vid porten brukar kunna drabbas.

Den termiska utmattnings beror på att det utbildas en temperaturgradient under stålytan när den utsätts för en hastig uppvärmning. Temperaturen stiger allteftersom man närmar sig stålytan inifrån, och stegringen blir kraftigare ju närmare man kommer ytan. Skillnaden i temperatur kommer också att motsvaras av en skillnad i termisk utvidgning, ju varmare stålet blir desto längre blir det. Detta kommer att ge upphov till ett komplicerat spänningstillstånd i ytan. På samma sätt kan en häftig avkylning också ge upphov till ett spänningstillstånd, skillnaden ligger i att man då får en dragspänning i stället för den tryckspänning man får vid en stötviss uppvärmning. Spänningarna blir större ju större temperaturgradienterna är och i ett skikt alldeles under ytan kommer spänningarna att växla mellan olika drag- och tryckspänningstillstånd.

På smältasidan bör således material, för att vara beständigt mot termochockerna, ha så hög värmeledningsförmåga som möjligt, och här är det det så kallade temperaturledningsstalet (enhet:  $m^2/sek$ ) som skall användas. Dessutom bör det ha så hög konventionell utmattningshållfasthet som möjligt. Brottgränsen har ett större inflytande än sträckgränsen på utmattningshållfastheten, vilket innebär att rostfria stål har bättre utmattningshållfasthet än enklare kolstål, trots att de senare kan ha en högre sträckgräns.

Ett sätt att mildra spänningstopparna är också att välja ett material med liten värmeutvidgning och låg elasticitetsmodul. Den senare har ungefär samma värde för de jämförda stålen, men den termiska utvidgningen varierar kraftigt från stål till stål.

### Rännor i icke rostfritt material

Det rena järnet och kolstålet har den bästa värmeledningsförmågan och dessutom liten värmeutvidgning. Utmattningshållfastheten är dock något sämre än för rostfritt. Sprickor i kolstålsrännor rapporteras dock mycket sällan, även om de förekommer. Problemet med kolstålsrännorna synes i stället vara korrosionsbeständigheten på vattensidan efter-

som man med något undantag inte behandlar det vatten man kylar rännorna med.

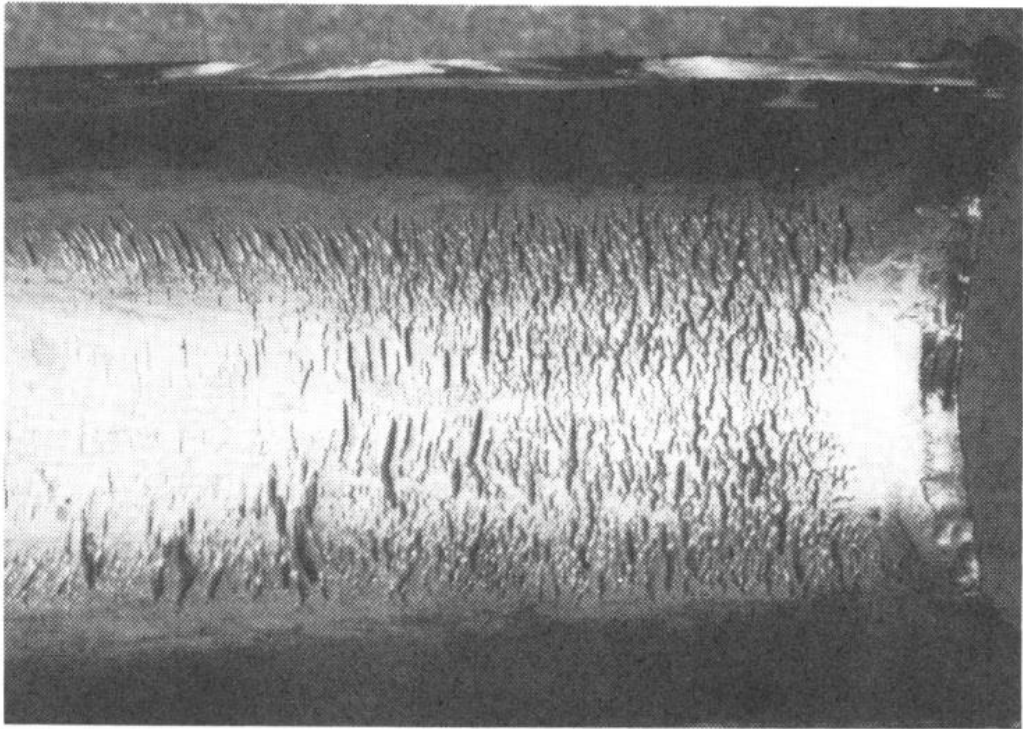
Rännorna kyls med syrehaltigt vatten av något slag. Det finns därför stor risk för allmän korrosion eller gropfrätning på en smältränna av kolstål. Karaktären på korrosionsangreppet beror på den kemiska sammansättningen av kylvattnet.

Om man behåller kravet på ett termo-chockbeständigt material som man har i kolstålsrännan, har man ändå vissa möjligheter att förändra systemet så att korrosionen minskas. Genom att återcirkulera kylvattnet utan att sluta systemet får man möjlighet att tillsätta icke syreförbrukande inhibitorer till systemet, t ex fosfat, nitrit eller bensoat. Om man dessutom sluter systemet kan man tillsätta syreförbrukare som hydrazin eller sulfid och göra sig fri från det korrosiva syret i vattnet. Den kombination av tillsatser man använder måste härvid vara avpassad efter om den skall arbeta med eller utan syrenärvaro i systemet. Har man rostfritt stål i rännan behöver vattnet däremot knappast behandlas. Det anses normalt att man inte kan förändra kolstålets korrosionshastighet i vattenlösning genom att förändra stålets sammansättning. Cortenstålet t ex är avsett för atmosfärisk korrosion och det har inte gett kortare bytesintervaller. Kromhalten måste höjas över 12 - 13 % för att man skall få något resultat. I stället är det i första hand syretillgången som är avgörande för hur stor korrosionen blir. Ett undantag från denna regel är möjligtvis sk Armco-järn, som är ett rent järn med mycket låga halter av kol, kisel, mangan, svavel och fosfor. Det är den mycket låga svavelhalten som kan vara förklaringen till att korrosionen anses vara lägre för detta material. Effekten är dock osäker i ett vattenledningssystem och det finns exempel på undersökningar som bestrider att det rena järnet skulle vara mer korrosionsbeständigt.

I övrigt torde Armco-järnet ha något lägre utmattningshållfasthet medan övriga fysikaliska egenskaper med betydelse för termochocksprickning är ungefär desamma eller till och med något bättre än kolstålets, då värmeledningsförmågan ökar med minskande kolhalt hos stålet. En annan möjlighet att välja material med lika fördelaktiga termiska egenskaper som rent järn är att välja rennickel. Liksom för Armco-järnet är det huvudsakligen utmattningshållfastheten som kan antas vara sämre vid en jämförelse med kolstål. Nicklet har dessutom den fördelen att, liksom rostfritt stål, vara korrosionsbeständigt. Man kan dock förutsätta att nickel torde ha så dålig kemisk beständighet mot sulfidsmälten att det vore oanvändbart.

### Rännor i rostfritt material

Om man utgår från de nu använda rännorna i rostfritt stål är det egenskaperna på smältasidan som måste förändras. Den viktigaste är den dåliga termiska ledningsförmågan. Den är enbart en femtedel av motsvarande för rent järn. Även den stora värmeutvidgningen finns det möjlighet att minska genom lämpligt materialval. Utmattningshållfastheten, som redan för vanliga rostfria stål av typen SIS 2333 (18 Cr 8 Ni)



*Bild 68*

eller SIS 2343 (18 Cr 12 Ni 2.5 Mo) är bättre än för konventionella kolstål, bör också kunna förbättras genom lämpligt val av sammansättning hos materialet. Som exempel kan nämnas stålet Avesta 253 MA som för en anläggning påstås ha gett större livslängder. Detta stål har för att ge en ökad oxidationsbeständighet i varma gaser en hög kiselhalt, 1,2 – 2,0 %. Sammansättningen är för övrigt 20 Cr 10 Ni. Brott-hållfastheten för detta stål har ett min-värde på 65 kp/mm<sup>2</sup>, vilket kan jämföras med min 50 kp/mm<sup>2</sup> för SIS 2343. Den större livslängden hos rännan beror troligen på den därmed följande ökade utmattningshållfastheten. Det går inte att avgöra om den förbättrade oxidationsbeständigheten har haft någon inverkan. På nuvarande stadium föreligger dock för lite praktisk erfarenhet för att man skall kunna dra några bestämda slutsatser beträffande detta rännmaterial.

Inget av de vanligaste konventionella austenitiska rostfria stålen kan anses vara bättre än de andra. Man har således försökt stål som SIS 2333, 2337, 2338, 2352 och 2343. Den skillnad som kan finnas är att varmhållfastheten och därigenom också utmattningshållfastheten vid förhöjd temperatur är aningen högre för de stabiliserade stålen SIS 2337 och 2338 jämfört med de ostabiliserade 2333, 2352 och 2343. De termiska egenskaperna är annars desamma. Väsentligt bättre termiska egenskaper har då i stället de ferritiska,

ferritaustenitiska och ferritmartensitiska stålen. Samtidigt med den förbättrade värmeledningsförmågan uppnår man också med dem en minskning av den stora termiska längdutvidgning som framförallt karakteriserar de austenitiska rostfria stålen.

Om man använder de ferritiska och de ferritaustenitiska rostfria stålen föreligger risk för så kallad 475<sup>o</sup>-försprödning, eftersom löprännen arbetar inom det aktuella temperaturområdet för detta försprödningsfenomen. Visserligen är framförallt det lågkolhaltiga ferritaustenitiska stålet 3RE60 inte så känsligt för 475<sup>o</sup>-försprödning, men det är osäkert om man skulle kunna hålla så låg temperatur i rännan att fenomenet skulle kunna undvikas inom den livslängd man eftersträvar. Rännan skulle då också bli mycket känslig för kortvariga bortfall i kylningen. Om man vill undvika 475<sup>o</sup>-försprödning kvarstår de martensitaustenitiska stålen som är temperaturstabila upp till ca 600<sup>o</sup>C. Dessa har acceptabel termisk värmeledningsförmåga och relativt låg termisk längdutvidgning. Brottgränsen är också hög, varför utmattningshållfastheten bör vara god. Stålen är rostfria, varför ingen speciell behandling av kylvattnet torde vara nödvändig. Ett stål av denna typ skulle vara intressant att se prövat i praktisk drift, kanske då närmast Bofors 2RM2, som torde vara lättast att få tag på i aktuell dimension.

Termisk ledningsförmåga och hållfasthetsegenskaper för ett antal stål

Stål	Termisk ledningsförmåga cm <sup>2</sup> /sek	Termisk längdutvidgning x 10 <sup>-6</sup>	Sträckgräns min kp/mm <sup>2</sup>	Brottgräns	Anmärkning	
Armcojärn	0,20	11,7	20	32	20 <sup>o</sup> C	
1330	0,19	12	22 15	37 - 29	20 <sup>o</sup> C 300 <sup>o</sup> C	kolstål
1430	0,18	12	26 17	44 - 52	20 <sup>o</sup> C 300 <sup>o</sup> C	kolstål
2101	0,17	12	32 21	50 - 62	20 <sup>o</sup> C 300 <sup>o</sup> C	kolmanganstål
2301	0,073	10,6	25	45 - 65		ferritiskt
2320	0,073	10,4	25	45 - 65		ferritiskt
2333	0,038 0,044	16,8 18,0	21 12	50 - 70	20 <sup>o</sup> C 300 <sup>o</sup> C	austenitiskt
2343	0,037 0,043	16,0 17,5	22 13	50 - 70	20 <sup>o</sup> C 300 <sup>o</sup> C	austenitiskt
253 MA (Avesta)	0,037	19,3	min 40	min 65	20 <sup>o</sup> C 20 - 1000 <sup>o</sup> C	austenitiskt
2361	0,035 0,037	15,5 17		80	20 <sup>o</sup> C 300 <sup>o</sup> C	austenitiskt
Alloy 800	0,026 0,035	14,5 16,0	17,5 13	min 49	20 <sup>o</sup> C 300 <sup>o</sup> C	
Alloy 600	0,039 0,043	12,5 14,0	23 18,5	min 56	20 <sup>o</sup> C 300 <sup>o</sup> C	
1803 T (Gränges Nyby)	0,062 0,062	10,0 11 - 12	32 ca 20	min 48	20 <sup>o</sup> C 300 <sup>o</sup> C	ferritiskt
3RE60	0,059 0,061	11,0 12,0	45 28	65 - 90	20 <sup>o</sup> C 300 <sup>o</sup> C	ferritaustenitiskt
248 SV (Avesta)	0,057 0,056	11,4 12,8	ca 75 ca 65	ca 95 ca 78	20 <sup>o</sup> C 300 <sup>o</sup> C	martensitaustenitiskt
2RM2 (Bofors)	ca 0,05 0,06	12,0 13,0	70 63	88 73	20 <sup>o</sup> C 300 <sup>o</sup> C	martensitaustenitiskt
Nickel (201) (INCO)	0,19 0,13	13,0 14,4	ca 10 - 20 ca 11	35 - 50 35	20 <sup>o</sup> C 300 <sup>o</sup> C	

## Om löprännor

Anders Vegeby

Löprännans konstruktion är idag i stort sett oförändrad sedan 1930-talet, då man införde vattenkylda löprännor. Smältflödet var då ca 750 kg/h för en löpränna.

Insprutningsaggregaten byggdes under en 15-årsperiod med en kapacitet av 90 - 110 dygnston massa. Smältflödet blev då 2 - 3000 kg/h. Från 1950 har aggregatens kapacitet successivt ökats och de har fått flera smältrännor. Man diskuterar för närvarande aggregat för närmare 2000 dygnston. Ett fabrikat har till och med två lösartankar. Smältflödet kan vara uppåt 6000 kg/h per ränna.

En mindre konstruktionsändring gjordes i början på 60-talet, då kylsystemet utfördes för undertryck. Avsikten var att hindra insprutning av vatten i smältan vid läckage. Ungefär samtidigt infördes en expansionsbälg i nedre delen av smältrännans kylmantel, för att kompensera temperaturskillnaden mellan kylmantelns väggar.

Förbättrad drift har erhållits i Kanada vid en fabrik med rännor med forcerad kylning och liten lutning. Tryckfallet i kylmanteln är stort, över 15 mvp.

### Ny förbättrad löpränna

Uppgifter om metallsmältors värmeövergångstal vid strömning i rena tuber har publicerats, sedan det ovan nämnda kylsystemet för undertryck framtoogs. Så anger exempelvis Sleicher och Tribus (Recent Advances in Heat Transfer, 1961, McGraw-Hill) med engelska beteckningar

$$\frac{h_m \cdot D}{k} = 6,3 + 0,016 \left( \frac{D \cdot G \cdot C_p}{k} \right)^{0,91} \left( \frac{C_p \cdot \mu}{k} \right)^{0,3}$$

$$\text{för } \frac{C_p \cdot \mu}{k} < 0,5$$

där  $h_m$  motsvarar vårt alfa-värde,  $D$  är diametern,  $k$  är värmeledningstalet,  $G$  är massaflödet per enhet för tvärsnittsytan och  $\mu$  är viskositeten.

Man kan lätt se de olika parametrarnas inverkan, om man ordnar om formeln enligt nedan

$$h_m = 6,3 \frac{k}{D} + 0,016 D^{-0,09} G^{0,91} C_p^{1,21} \mu^{-0,21}$$

Observera att formeln indikerar ett ovanligt stort inflytande av hastigheten på värmeövergången. Det är mycket svårt att finna alla erforderliga värden för  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  och  $\text{Na}_2\text{S}$ , men genom jämförelser med förhållandena för andra metaller och deras karbonat och sulfid kan approximativa värden erhållas. Alfavärdena har begränsats uppåt med stöd av observationen att tuber vid löphålen, som varit i kontakt med rinnande smälta, inte uppvärmts till sådana temperaturer, att hållfastheten i stålet sjunkit till värden som förorsakat bristningar i tuberna. Alfavärdena på vattensidan är här nästan lika höga som vid kokning på grund av att vattentemperaturen ligger nära kokpunkten. På detta sätt har jag tagit fram en jämkad formel; som jag tror kan användas för normala sulfatsmältor (sulfiditet 0,50 eller lägre)

$$\alpha = 22 + 440 w^{0,91} \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C}$$

där  $w$  är smälthastigheten i m/s

Alfavärdet enligt formeln framgår av bild A, där även 1961 års konstruktionsvärde införts. Detta värde gällde kanske för de smältrännor, på vilka mätningarna gjordes, med relativt låg smältmängd och låg smältemperatur, men de gäller med stor sannolikhet inte vid nuvarande driftsförhållanden. Smälthastigheten kan mycket väl ha ökat från 1 till 2 å 3 m/s.

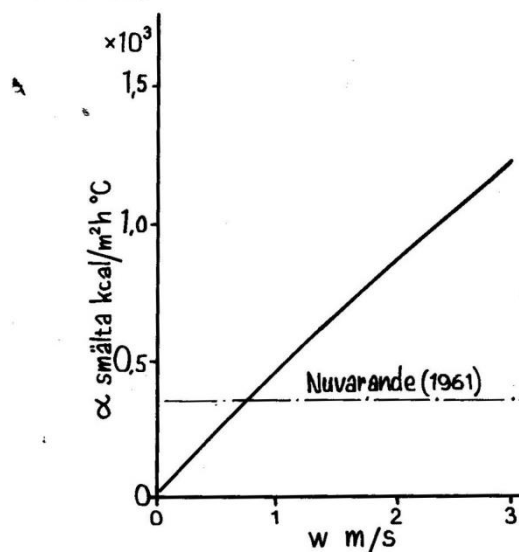


Bild A. Värmeövergångstal  $\alpha$  för sulfatsmälta som funktion av smältans hastighet.

Temperaturen hos den del av smältrännan, som står i kontakt med smältan, beror på värmeövergångstalet för smält- och vattensida och på väggjockleken och värmeledningsförmågan hos rännans vägg. Temperaturskillnaden mellan av smältan värmda delar och de icke värmda delarna orsakar spänningar på känt sätt. Med den nuvarande konstruktionen stukas med säkerhet materialet i den värmda delen. På grund av den relativt låga vattenhastigheten kommer den vattenberörda sidan av den smältberörda väggen att ha en temperatur, som är väsentligt högre än vattnets kokpunkt, vilket gynnar uppkomsten av ångblåsor, som minskar värmeöverföringen, vilket ytterligare höjer väggtemperaturen. När ångblåsorna nått en viss storlek, frigörs de från väggen och kondenseras vid kontakten med det omgivande relativt kalla vattnet. Den plötsliga kollapsen av ångblåsorna kommer att ge tryckvariationer i kylvattnet, som måhända har tillräcklig amplitud för att ge kavitation. Kavitationen »uggar» upp ytorna i kylmanteln och detta sänker i och för sig alfavärdet för vattensidan.

En åtgärd, som ligger närmast till hands för att förbättra förhållandena, är att förbättra värmeövergången på vattensidan, för att minska väggtemperaturen på smältrännan. Enklaste sättet är att höja vattenhastigheten. Nu ökar emellertid värmeövergången endast med potensen 0,7 å 0,8 på hastigheten, medan tryckförlusten ökar med potensen 1,75 å 2 på

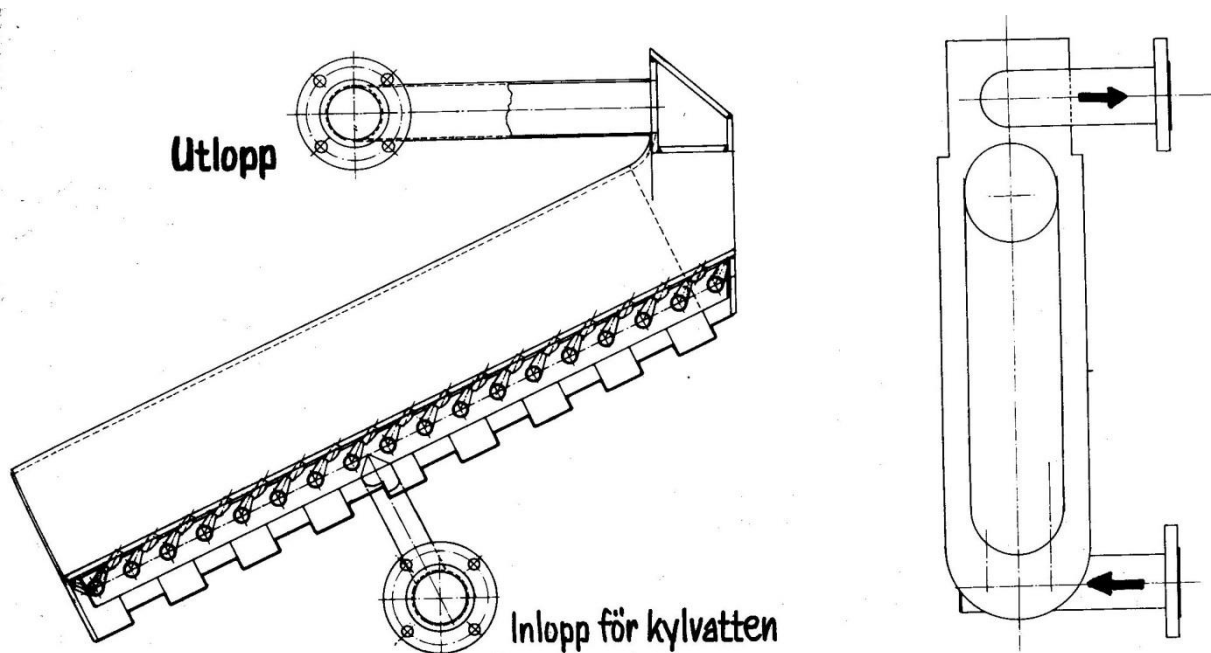


Bild B. Förbättrad konstruktion av löpärna

hastigheten. Man skulle därför få ett avsevärt tryckfall i kylmanteln och även ett avsevärt övertryck i denna. Vid en eventuell läcka skulle vatten spruta ut i smältan (eventuellt in i ugnen) och det obehag, som reaktionen mellan smälta och vatten skulle vålla är inte oväsentligt. Den nuvarande konstruktionsprincipen är icke användbar eftersom vakuumerkan i utloppet är begränsad till ca 5 mvp.

Bild B visar ett enkelt sätt att lösa detta problem. I kylmanteln är två tillförselrör för kylvattnet anordnade med munstycken, som omsätter trycket i tillförselrören till hastighet före inträdet i kylkanalen. Merparten av munstyckena är riktade snett mot ytan som skall kylas på ett sådant sätt att en film med hög hastighet i den generella strömningsriktningen bildas. En liten sidokomponent hos hastigheten finns dock för att transportera bort eventuella ångblåsor från värmeytan. Vattenstrålarnas hastighetskomponent i den generella strömningsriktningen kan avpassas genom munstyckets vinkel till att kompensera tryckfallet på grund av den relativt låga generella strömmingen — den kan också avpassas till att överkompensera detta, i vilket fall en minskning i trycket från den undre delen till den övre delen av löpärnans kylmantel utbildas. Man kan alltså med denna anordning använda ett godtyckligt stort tryckfall för att generera önskad vattenhastighet längs kylytan utan att besväras av något tryck i kylmanteln.

Särskilda munstycken kan användas för att spruta vatten på särskilt utsatta ställen, t ex det nedre hörn av rännan där smältan avlöses från rännan. Det är, antar jag, allmänt känt att värmeövergångstalet i avlösningspunkten är betydligt större än i den normala gränsskiktströmmingen, och detta är den enkla anledningen till att materialet slits bort, där smältan »släpper» rännan.

Den del av löpärnans vattenberörda del, som skall kylas bör förses med ett skyddsskikt av hårdförkromning eller besprutning med en ferritisk rostfri legering för att förhindra erosion eller bildning av ett oxidskikt. Skyddsskiktet bör endast vara någon tiondels millimeter tjockt, eftersom det har

sämrare värmeledningsförmåga än stålet. Väggtjockleken är redan kritisk med hänsyn till temperaturskillnaden mellan den vattenberörda sidan och den smältberörda sidan. Det kan nämnas att aluminium vore ett bättre alternativ än syrafäst stål till stål, med avseende på kombinationen av värmeledningsförmåga, värmeutvidningskoefficient, sträckgräns och elasticitetsmodul. Med hänsyn till dessa bör för övrigt ett stål med låg kolhalt väljas. De variationer i det gamla materialet St 00 som var tillåtna kan mycket väl förklara de variationer i livslängd, som kunde uppträda i »den gamla, goda tiden».

Löpärnan tenderar att kröka sig uppåt på grund av uppvärmningen av smältrännans nedre del. Krökningen motverkas av de icke smältberörda delarna och kompressionspåkänningarna i den värmda delen blir avsevärt större än dragpåkänningarna i de angränsande icke värmda delarna. Därför är kylmantelns yttrevägg på löpärnan i bild B utförd som en serie expansionsbälgar. Även med denna modifikation uppstår en spänningsfördelning enligt den vänstra delen av bild C om smältrännan utförs enligt den nuvarande konstruktionen. Man kan emellertid omfördela spänningarna genom en annan materialdisponering, t ex enligt den högra delen av bild C. Flänsen upptill har ju ingen funktion i smältbortförande syfte, men den ändrar materialspänningarnas momentverkan för tvärsnittet så att de värmda delarna blir mindre komprimerade.

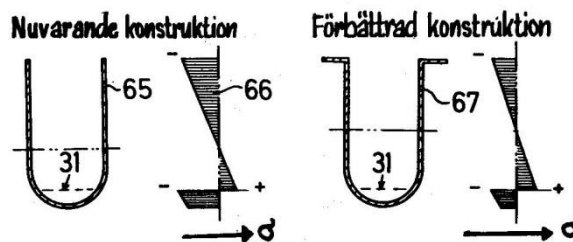


Bild C. Spänningsfördelning i smältränna