TEKNIKHISTORISKA NOTISER

Hans Johnsson: Skandinaviska pionjärinsatser på gasturbinområdet

Per Carlberg: En märklig vattenbyggnad vid Ågs masugn

Gunnar Lindmark: Hopfällbar cykel. Vittomfattande patent. Skywriting. Sandblästring. Om bilen skenar.

HANS JOHNSSON

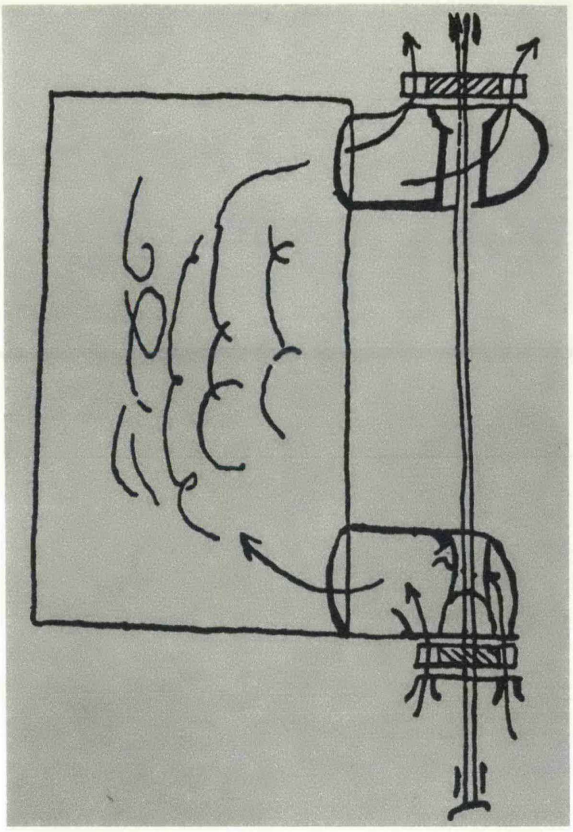
Skandinaviska pionjärinsatser på gasturbinområdet

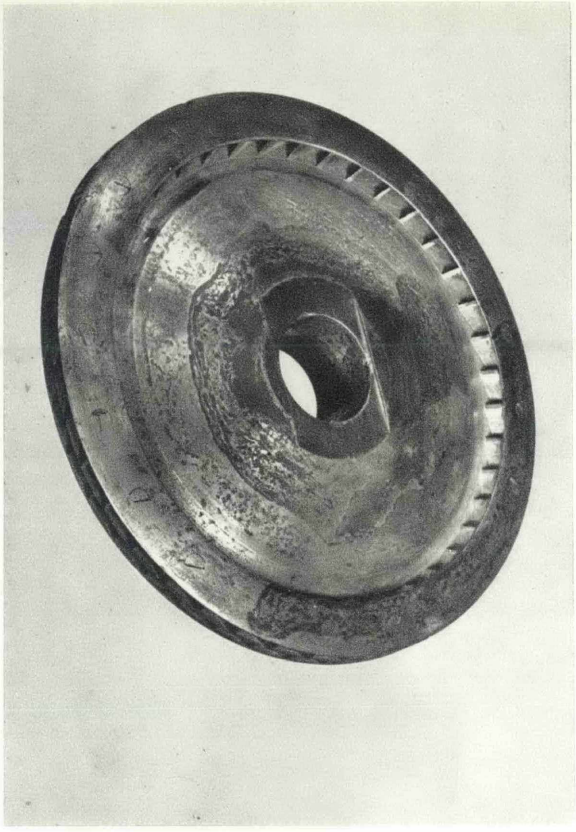
Från Leonardo da Vincis stekvändare, där de uppåtströmmande gaserna i skorstenen fick lämna ifrån sig en del av sin värmeenergi till att driva spettet med middagsmaten till dagens jetmotorer och stora industriella gasturbinaggregat är stegen många och långa. De har ofta varit svåra att ta, de har lett in i tekniska återvändsgränder och de har fört fram till murar som för en lång tid verkat oöverstigliga. Rena beräkningssvårigheter, tillverkningstekniska problem och materialfrågor har hört till stötestenarna. Men många har känt sig lockade att trots svårigheterna försöka nå målet att på ett enkelt sätt överföra värmeenergi till rörelseenergi, till rotation.

Tekniker från många länder har lämnat sina bidrag till utvecklingen. Engelsmän, fransmän, tyskar, schweizare, amerikaner och skandinaver har varit aktiva. I denna artikel har några skandinaviska försök tagits fram, två från sekelskiftet, ett från 1930-talet och ett från 40-talet. Förutom det gemensamma geografiska ursprunget har de alla det gemensamma draget att de förblivit relativt okända utanför specialistkretsar och att de av olika skäl inte letts vidare i en tillverkning i industriell skala, i varje fall inte på det sätt som avsågs av deras upphovsmän.

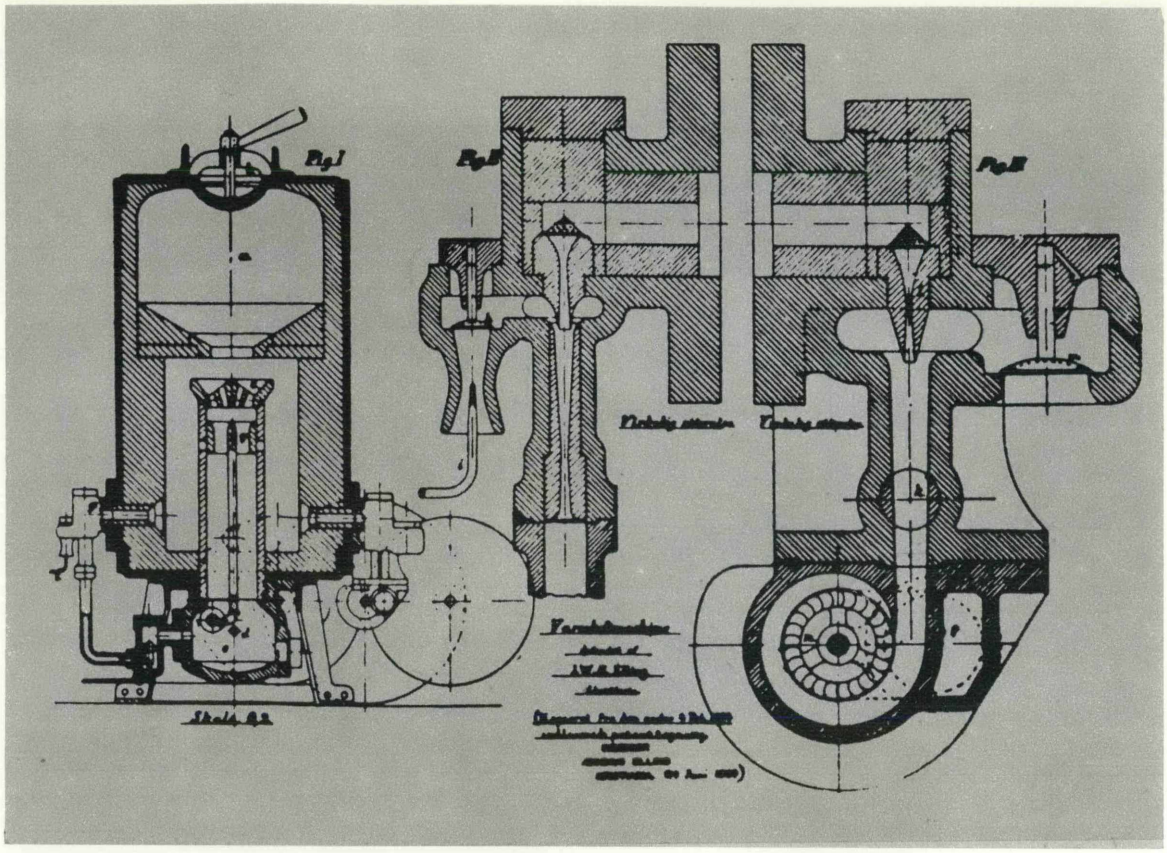
År 1896 utexaminerades en ung lovande ingenjör vid namn Gustaf Dalén från Chalmers i Göteborg. Som många andra svenska ingenjörsstuderande vid denna tid kompletterade han sin svenska ingenjörsexamen med ett år vid Polytechnicum i Zürich. Förnämliga lärare hade gett denna läroanstalt ett välförtjänt gott rykte. Här studerade Dalén bl. a. värmeteori och ångteknik under den ryktbare Stodola, det genom tiderna kanske främsta namnet inom turbintekniken. Bland hans studiekamrater befann sig Arthur Hultqvist och de två kom att bli goda vänner. Båda var intresserade av "varmluftturbinen" och såg i dess idé storartade utvecklingsmöjligheter, t. o.m. som drivkälla för flygplan! Efter sitt studieår i Zürich återvände de båda kamraterna till Sverige och slog sig ner i Göteborg. De hade lyckats utverka ett anslag på 5 000 kronor av Hultqvists fader för att kunna arbeta vidare på sina idéer. En tvårumslägenhet i Göteborgs centrum omvandlades till experimentverkstad och ritkontor. Konstruktions- och framförallt provningsarbetet, som måste utföras i en verkstad på Gårda — lägenheten i centrum hade ingen elektrisk ström — kostade mycket pengar och de 5 000 kronorna var snart slut. Men Gustaf Dalén hade blivit mer och mer fångad av idén om en lätt, enkel och anpassningsbar kraftmaskin. Samtidigt var han väl medveten om var kärnproblemen låg. Så här skriver han i ett brev från 1898:

Nu skall jag emellertid antyda, vad frågan gäller för att inte onödigtvis plåga Eder nyfikenhet, helst som jag nu ser att mina teorier äro riktiga, fastän saken därför ej på länge är löst eller kanske lösbar, beroende på saker, som ej kan beräknas.
Det gäller en ny motor. Icke Perp. Mobile utan en varmluftmaskin utan cylindrar och utan tvenne mot varandra gående rörliga delar. Den sistnämnda olägenheten vidlåder alla nuvarande varmlufts- och explosionsmotorer och därige-

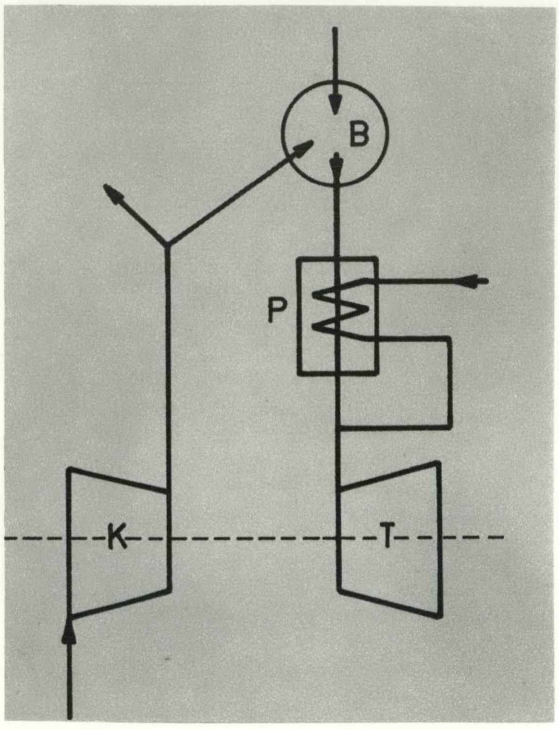




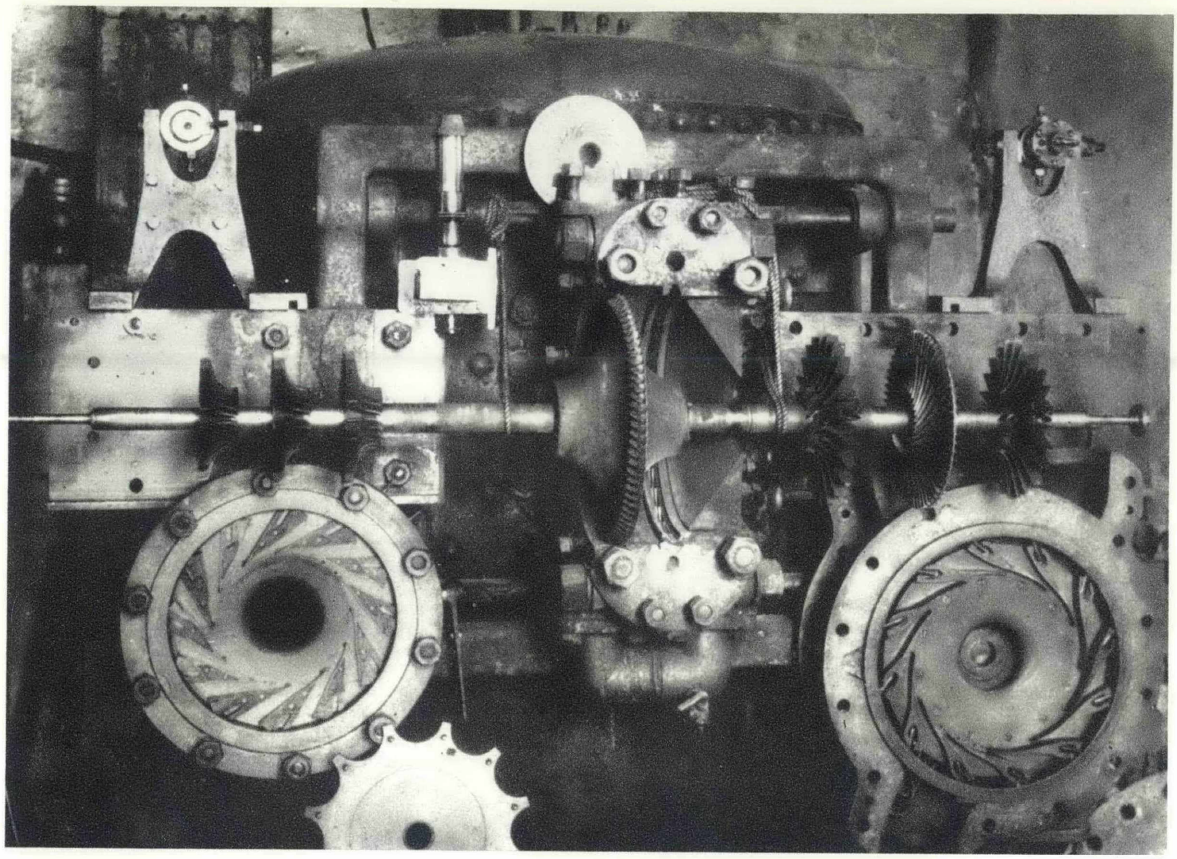
T.v. Daléns gasturbin. Skiss i brev från Gustaf Dalén år 1897. — T.h. Kompressorhjul från Daléns andra försök. — Tekniska Museet.



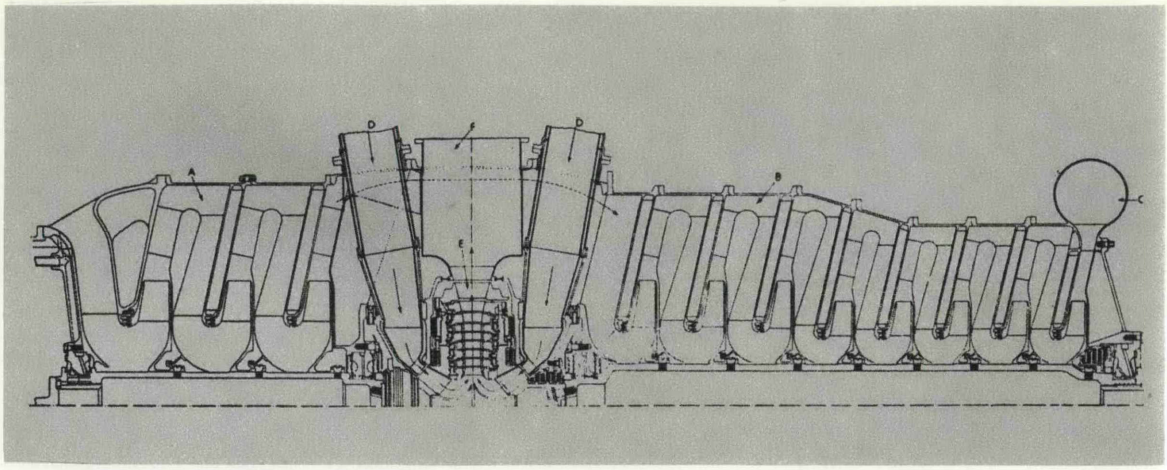
Patentritning från 1884 till Ellings gasturbin.



Schema, visande principen för Ellings gasturbin. — K kompressor, B brännkammare, P avgaspanna, T turbin — i övrigt se texten.



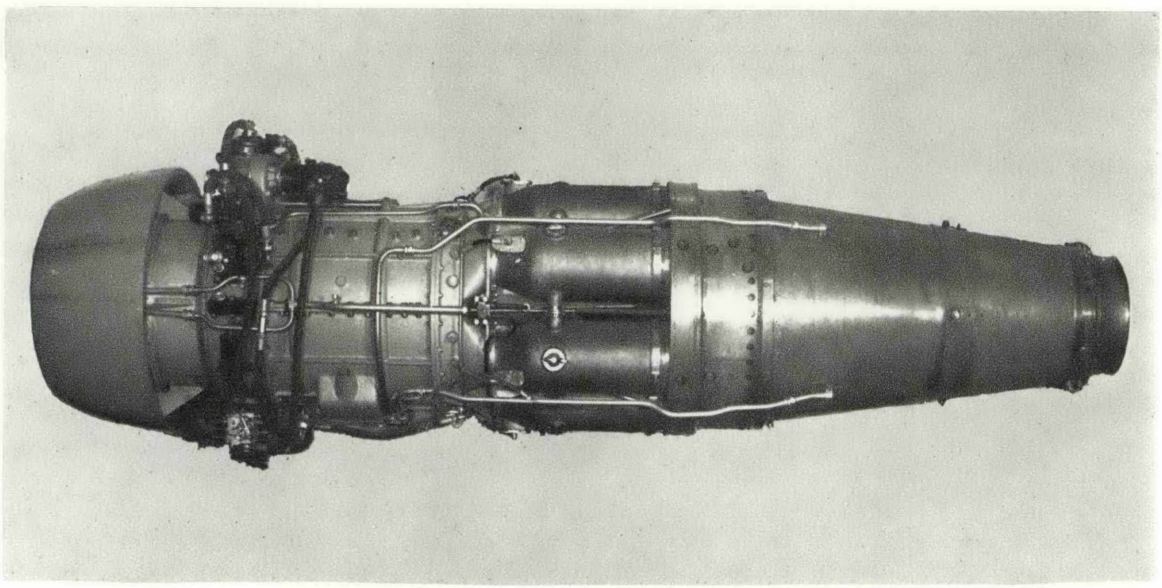
Ellings gasturbin från 1903. — Norsk Teknisk Museum.

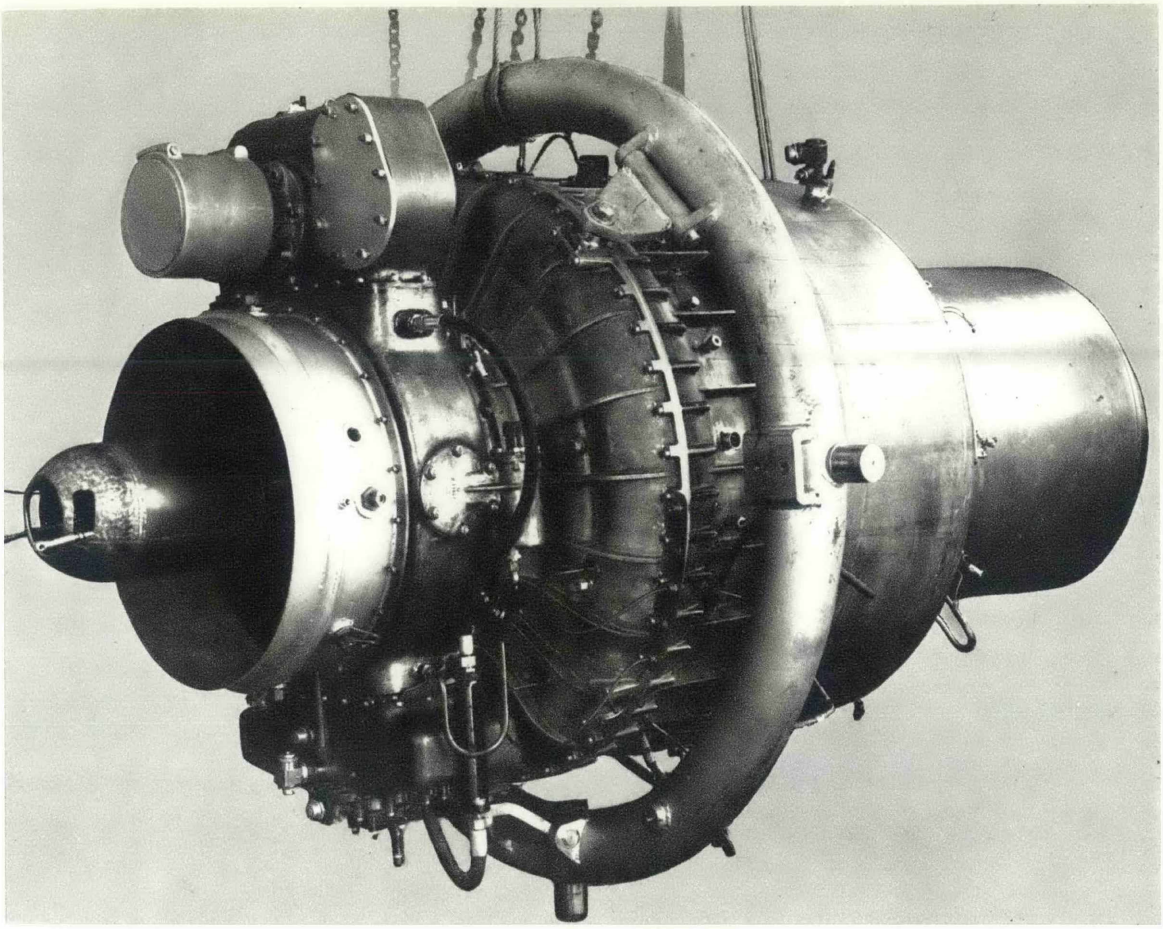


Sektion genom radialgasturbin:

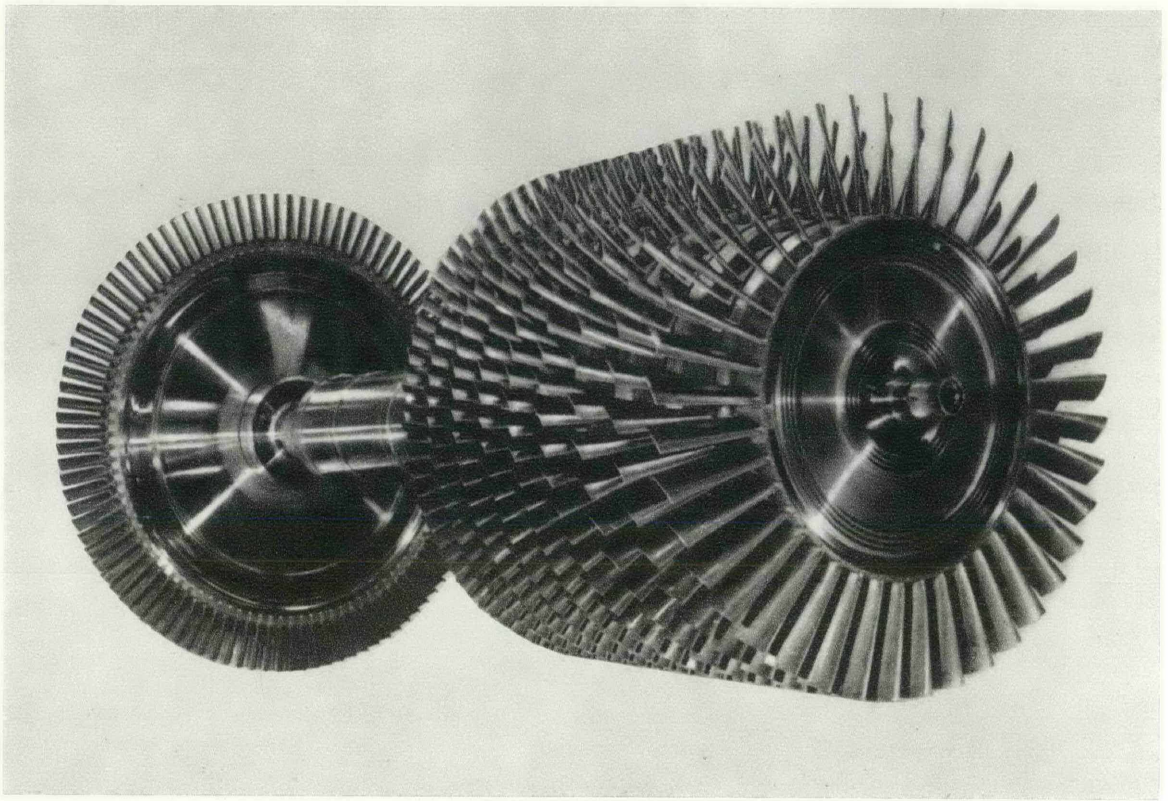
A. Lågtryckskompressor
B. Högtryckskompressor
C. Överföringsrör till brännkammare
D. Inloppsrör
E. Turbin
F. Avlopp

Skuten.

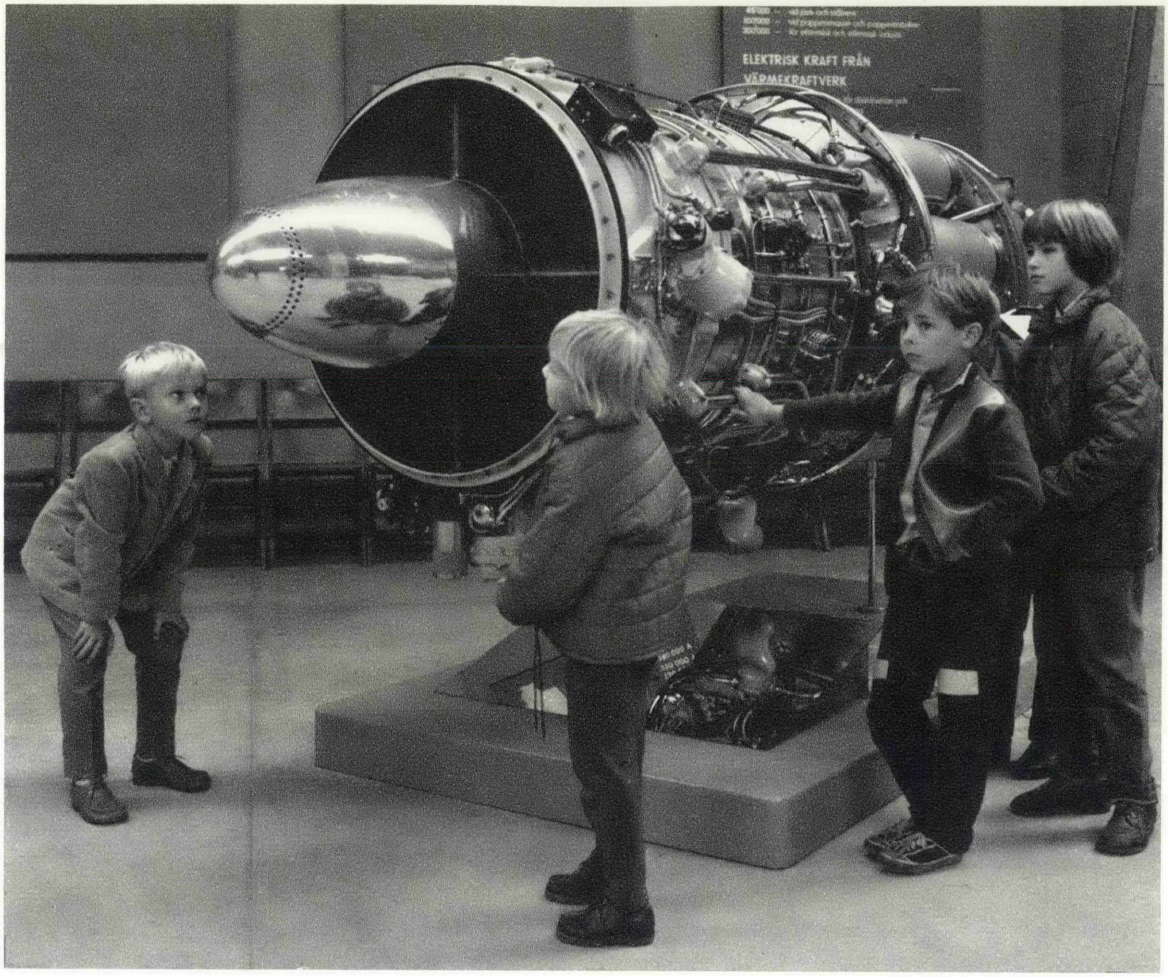




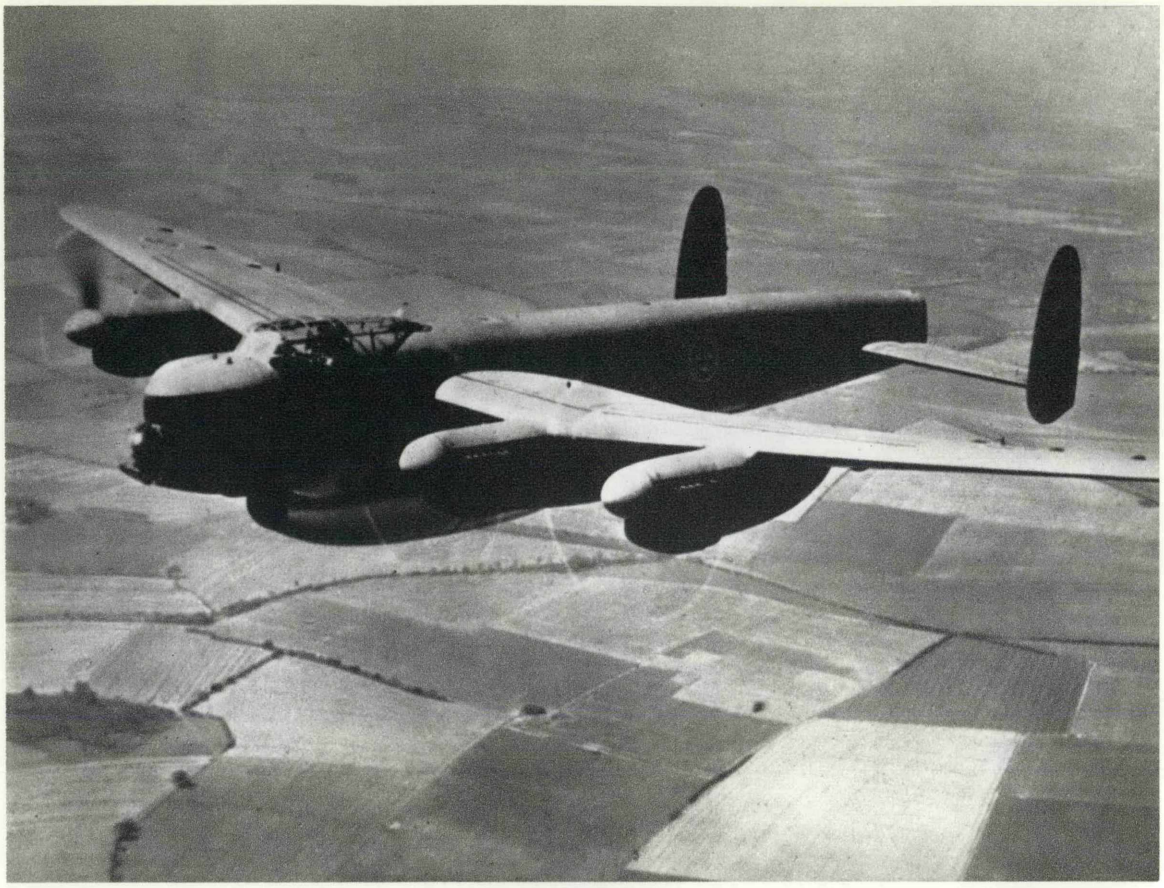
Svenska Flygmotor AB:s gasturbin R-102.



Rotor till Dovern.



Dovern utställd på Tekniska Museet.



Lancaster-plan som "flygande provbock" för praktiska prov med Dovern.

nom att dessa delar, t. ex. kolv mot cylinder måste smörjas, får dessas temperatur ej överstiga en av smörjoljan bestämd temperaturgräns.
Härför kyles vissa delar vid gas- och petroleummotorer m. fl. men därvid går ända till 40 % av värmet över i kylvattnet och är att skriva på förlustkontot, d. v. s. att av detta värme har icke ett spår överförts i arbete. 40 % är minimisiffran, under det att i arbete överföres 15—16 % av hela värmeenergin. Vid ångmaskiner vanligen mindre.
Detta elände, samt svårigheten att vid många tillfällen skaffa kylvatten, t. ex. vid flygmaskiner, är nu vår uppgift att lösa.
Tänk Dig en kamin. Om Du blåser genom rosten, så går det ut genom skorstenen, men det fina är (om det är eld förstås) att om Du blåser in en kubikmeter, så går det 2 eller 3 ut. En pump däruppe kan således dra en där nere för att få in luften, men tyvärr måste den övre kylas. Detta såsom vi nu hava våra varmluftmaskiner.
Nu ersätter vi emellertid dessa pumpar med turbiner.
Här finns ej två delar som glida mot varandra annat än axeln i sina lager.
Vad sägs därom?
Egentligen skulle man ju tycka, att luften då något övertryck finnes i kärlet skulle strömma ut i bägge ändarna, men detta är just vad hon får vara snäll att låta bli enligt flera redan gjorda försök. I det avseendet är luften nog så lydig och det är endast verkningsgraden vid kompressionen och expansionen som bestämmer utgången av våra experiment. Lyckas våra experiment blir vår motor i många avseenden Nr. 1.
Priset blir lägre och vikten endast en bråkdel av nu befintliga.
Lyckas det ej, så får jag väl ge mig ut på strövtåg efter annat arbete, vilket det för närvarande är gott om.

Det var mycket som hände ute i världen på turbinteknikens område vid denna tid. Gustaf de Lavals växlade ångturbiner med höga rotationsvarvtal var en färdig kommersiell produkt som inte minst på Stockholmsutställningen 1897 hade visat sin praktiska användbarhet. Det blev också på de Lavals Ångturbins anläggningar i Nacka utanför Stockholm som Gustaf Dalén bereddes tillfälle att fortsätta sina experiment. Direktör Daniel Norrman, chef för de Lavals Ångturbin, erbjöd Dalén att detta företag skulle stå för de fortsatta kostnaderna och 1899 överflyttades experimenten dit.

Den experimentlust som Dalén i så hög grad ägde kom till blomning i den progressiva miljön. Flera av dragen i hans gasturbinarbete är starkt präglade av de konstruktioner som var typiska för dåtidens Lavalturbiner, t. ex. de höga rotationshastigheterna, metoden med dysor och enstegsutförandet. Dalén var, som framgår av det ovan citerade brevet, väl medveten om att framgången hängde på expansions- och kompressionsverkningsgraderna. Den enkla gasturbinen, där luft först komprimeras och sedan tillföres värme vid konstant tryck och därefter får expandera i en turbin, kräver i själva verket en totalverkningsgrad av 54 % för att hålla sig själv i gång. Det betyder att t. ex. en turbinverkningsgrad på ca 80 % och en kompressorverkningsgrad på ca 70 % erfordras. I Daléns första försök använde han ett enstegs kompressorhjul, mycket likt turbinhjulet i en Laval-turbin. Den komprimerade luften överfördes via "negativa Lavaldysor" till en samlingskanal. Vid 25 000 v/min. uppnådde man där ett tryck på 3 200 mm vattenpelare. Verkningsgraden blev 50 % och det

fattades alltså en bra bit till målet. Vid försök nr 2 prövades ett helt annorlunda kompressorhjul, ett radialkompressorhjul. Radiella diffusorer ledde luften efter kompression till samlingskanalen. Verkningsgraden blev bättre, 54 %. Efter ytterligare ett par försök hade man uppnått verkningsgrader på 58 % vid 22 800 v/min. och fick då ett tryck på 3 300 mm vattenpelare. Med turbinverkningsgrader omkring 75 % blev den totala verkningsgraden klart otillräcklig och i början av 1900-talet måste experimenten upphöra. Det dröjde bortåt ett halvsekel innan seriösa gasturbinexperiment på nytt togs upp vid samma företag.

Större framgång, tekniskt sett, hade den lysande norske forskaren och ingenjören Ægidius Elling åren omkring sekelskiftet och tiden därefter. Denne mångsidige tekniker, som hade bortåt 30 norska patent, ägnade en stor del av sin skaparkraft under ett långt och verksamt liv (1861—1949) åt gasturbinproblemen.

Så tidigt som 1884 — samma år som engelsmannen C. A. Parsons fick sitt omfattande patent på ång- och gasturbiner — tog Elling ut sitt första patent på en gasturbin.

Denna patentansökan innehöll en rad intressanta konstruktionsdetaljer. I stället för turbokompressor hade Elling tänkt sig ett injektorarrangemang med vars hjälp ytterluften fördes in i brännkammaren. Som bränsle skulle kol användas. En annan injektor blandade förbränningsgaserna med luft på vägen från brännkammaren till turbinen för att sänka gastemperaturen till en för turbinmaterialet uthärdlig nivå. Injektorprincipen, som är möjlig att tillämpa vid en ångprocess, är icke tillämpbar på gasturbiner, varför Ellings patent av 1884 inte är genomförbart i praktiken. En annan väsentlig detalj i hans patentansökan har däremot blivit utnyttjad i praktiken, nämligen dysorna. Elling hade givit dem en form som gav en utomordentligt hög hastighet åt strömningsmediet, ja, enligt vissa bedömare t. o.m. överljudshastighet. Den divergerande dysan patenterades av Gustaf de Laval 1888 i samband med dennes ångturbinarbete. Elling hävdade i flera sammanhang att han var tidigare ute med denna idé än de Laval.

Efter närmare 20 års fortsatt arbete med gasturbinproblem hade Elling 1903 fått fram ett aggregat med flera nya drag. Arbetscykeln i denna gasturbin framgår av schemat i figuren. Luft sögs in genom kompressorn (K) och den komprimerade luften pressades in i brännkammaren (B). På vägen avtappades en del tryckluft. Det var denna tryckluft som utgjorde gasturbinens nettoeffekt. Bränsle infördes i brännkammaren och den heta gas/luftblandningen överfördes till turbinen (T). Gasen var dock för varm för att direkt föras in mot turbinskovlarna. Den kyldes därför i en avgaspanna (P). Den ånga som bildades utnyttjades i processen genom att föras in i gasströmmen före turbinen. Förutom kylning, som var nödvändig av materialtekniska skäl, uppnåddes därigenom också en väsentlig ökning av gasvolymen, utan att detta krävde något motsvarande kompressorarbete. På sätt och vis blev aggregatet därigenom en kombinerad gas- och ångturbin.

I sina dagboksanteckningar för den 27 juni 1903 kan Elling konstatera att

hans principer förverkligats i ett aggregat som var "verdens første gassturbin som ga overskuddskraft". Denna maskin, på 11 hästkrafter, fortfarande bevarad i Norsk Teknisk Museum, är en i skandinavisk teknikhistoria ytterst intressant företeelse.

Allmänt anses fransmännen Armengaud och Lemale ha byggt den första gasturbinen med positiv nettoeffekt. Deras maskin, som var färdig 1905, har många drag gemensamma med Ellings. Bl. a. kyls gasen ner i en avgaspanna och ångan som bildas leds in i turbinen. Till skillnad från Ellings lösning förs dock i det fallet ångan in separat. Slutresultatet blir detsamma, kylning av skovlarna samt ökning av effekten. Även denna turbin är alltså på sätt och vis en kombinerad gas- och ångturbin. Materialproblemen bör dock ha varit ännu värre för denna lösning än för Ellings, eftersom turbinskovlarna utsattes för fruktansvärda temperaturchocker.

Ellings aggregat hade en enhjulig turbin och en sex-stegs kompressor. Kompressorrotorerna — 3 på var sida om turbinhjulet — var utförda som axial-radialhjul med axiellt inlopp och radiellt utlopp. Strömningstekniskt är konstruktionen mycket avancerad, och den har bl. a. ställbara ledskenor. Turbinhjulet var av centripetaltyp med rena aktionsskovlar, radiellt inlopp och axiellt utlopp. Många konstruktionsdrag röjer inflytande från Gustaf de Lavals ångturbinarbete, t. ex. den smala axeln, som går med överkritiskt varvtal. Skovlarna är utfrästa ur helmaterial. Verkstadstekniskt är utförandet förstklassigt.

Bränslet är en kritisk punkt för alla gasturbiner — ända in i våra dagar. Naturgas, våra dagars idealbränsle, stod inte till Ellings och de andra sekelskifteskonstruktörernas förfogande. Man experimenterade med kol och flytande bränslen. I sin gasturbin av 1903 använde Elling fotogen, men han experimenterade också med kol och "kolsoppa", en blandning av kolpulver och vatten. Han konstruerade också en pump med en speciell slid för att få in kolsoppan i brännkammaren. Som man gör än i dag utförde Elling själva ugnen med keramiskt material.

Ægidius Elling förtjänar en rangplats bland sekelskiftets många forskare och konstruktörer som arbetade med gasturbinens problem. Att han inte vid den tidpunkten lyckades göra gasturbinen till en kommersiellt användbar kraftmaskin — vilket ju inte lyckades för någon förrän en bit in på 30-talet — beror inte på bristande konstruktiv begåvning. Värmetekniskt och strömningstekniskt var hans gasturbin av 1903 en maskin av hög klass. Materialtekniskt var tiden inte mogen. För Elling tillkom också den svårigheten, jämfört med t. ex. Stolze, Holzwarth, Armengaud, Lemale och andra gasturbinpionjärer i Europa, att den industriella bakgrund som hans land kunde erbjuda, då ännu inte nått upp till en tillräckligt hög nivå för att möjliggöra ett tillvaratagande i större skala av hans många banbrytande idéer.

Den industriella bakgrunden var en av anledningarna till att ett utvecklingsarbete — såvitt känt det enda i världen — med en gasturbin av motrotations radialströmningstyp kom till stånd i Sverige i slutet av 20-talet. Initiativtagare var professorn och konstruktören Alf Lysholm. Arbetet bedrevs en följd av år i samarbete mellan Lysholm, AB Ljungströms Ångturbin (ALÅ) och AB Bofors.

Komponentverkningsgradernas betydelse för ett gasturbinaggregats funktion har berörts tidigare. Det låg nära till hands att även i gasturbinaggregat låta expansionen ske i ett motroterande radialskovelsystem med dess erkänt goda termodynamiska verkningsgrad, redan då i närheten av 90 % för mottrycksångturbiner. Även påkänningsförhållandena är gynnsamma vid radialturbinens inlopp på grund av de små dimensionerna och därmed sammanhängande låga periferihastigheterna. Det låg alltså nära till att tänka sig en motrotationsturbin i ett gasturbinaggregat — tanken fanns bl. a. med i ett patent av E. A:son Ingels från 1915 (Sv. P. No. 49838).

Utredningar som gjordes vid ALÅ:s beräkningsavdelning gav resultat som verkningsgradmässigt var mycket gynnsamma. En totalverkningsgrad av ca 30 % räknades fram, varvid turbininloppstemperaturen ändå fastställts till ett så lågt värde som 527°C. Detta skulle möjliggöra att man använde icke-austenitiskt material. Den höga verkningsgraden förutsatte å andra sidan en relativt komplicerad anläggning med mellankylning i kompressorpartierna och mellanupphettning i turbindelen. Dessutom krävdes regenerator. Med en enkel cykel utan mellanupphettning och utan regenerator, men med en arbetstemperatur på 750°C beräknades verkningsgraden kunna bli ca 20 %. Denna temperatur medgav dock, trots austenitiskt skovelmaterial, endast korta drifttider.

Gasturbinen har tidigt väckt intresse som flygmotor. Redan Gustaf Dalén hade sina tankar riktade åt det hållet vid sekelskiftet. Det blev också en flygmotortillämpning som gjordes av radialgasturbinen. Detta aggregat bestod av ett motroterande radialskovelsystem, vars ena halva drev åtta kompressorsteg. Den andra halvan drev tre kompressorsteg och skulle dessutom ge nyttoeffekten, 800 hk. Gasturbinen skulle arbeta vid 750°C och 7 ata.

Vid provkörning 1935 uppnåddes en verkningsgrad på ca 15 % vid 600°C, 5 ata, vilket måste bedömas som tillfredsställande. Högtemperaturdelarna fungerade utan anmärkning, medan däremot kompressorn gav en del problem. Vid uppkörning och hastiga laständringar inträdde pumpningsfenomen, en svårighet som inte varit ovanlig vid andra gasturbinexperiment, även långt senare. Kraven på kompressorsidan blev för Lysholm ett incitament till utvecklingen av den s. k. Lysholmskompressorn, en skruvkompressor.

Försöken med radialgasturbinen blev kortvariga men är av stort tekniskt och teknikhistoriskt intresse. Även om de vid denna tidpunkt inte gav sådana resultat, att en industriell tillverkning togs upp, bidrog försöken i hög grad till ökade kunskaper om och förståelse för vissa problem, som återkommer i varje gasturbin, även sådana med axiell strömning i turbinen.

Nästa stora skandinaviska pionjärinsats på gasturbinområdet var också inriktad på flygmotorer. Under andra världskriget blev det mer och mer klart att framtidens flygplan skulle ha jet-motorer, gasturbiner i stället för de tidigare använda kolvmotorerna. 1944 gav flygvapnet ett utvecklingsuppdrag på en jetmotor med 1 500 kp dragkraft till två svenska företag. De två företagen var Flygmotor i Trollhättan och dåvarande STAL i Finspång. Flygmotor hade erfarenhet från tillverkning av flygmotorer på licens, medan STAL hade en gedigen bakgrund på turbinområdet genom sitt ångturbinarbete. De två före-

tagen kastade sig in i jobbet och valde på väsentliga punkter olika linjer. Medan Flygmotor gick in för en 2-stegs centrifugalkompressor och en flerstegsturbin, valde man i Finspång axialkompressorlinjen och satsade på en enstegsturbin.

I varje gasturbinprojekt har kompressorfrågorna alltid varit det väsentliga, från de första stapplande stegen vid 1880-talets slut. Även i den svenska jetmotorutvecklingen blev det till slut valet av axialkompressor som blev utslagsgivande för STAL-projektets framgång — med många andra bidragande faktorer, naturligtvis. Det förtjänar dock nämnas, att Flygmotor lyckades få fram den första svenska gasturbinen av jetmotortyp som fungerade, den s. k. R-102.

Den högre verkningsgraden, den mindre frontarean och framför allt de betydligt säkrare beräknings- och provningsmetoderna var orsaken till beslutet att välja axialkompressorn. Beräkningar, strömningsprov, enstegsprov och fullskaleprov kunde göras och upprepas. Gasturbinens hela uppbyggnad är sådan att komponentprovning är möjlig i mycket stor utsträckning. Dessa möjligheter tillvaratogs till fullo vid utvecklingen av Skuten, som projektet döptes till efter en av sjöarna vid Finspång.

Från första början i Skuten-utvecklingen beslöts det att man aldrig skulle sätta in någon viktig komponent i maskineriet utan föregående provning. Någon gång gjorde man avsteg från den principen — det medförde alltid extra besvär. En kraftig utveckling och utbyggnad av provningsresurserna bedrevs därför parallellt med arbetet på själva motorn.

Skuten-motorn provkördes för första gången 1948. På grund av de omfattande komponentprovningarna kunde den så gott som omedelbart dras upp i full effekt. Data var följande:

Dragkraft	1 450 kp
Specifik bränsleförbrukning	1,22 kg/kph
Varvtal	8 000 v/m
Vikt	800 kg
Max. diameter över brännkamrarna	920 mm
Längd	3 500 ”

Motorn bestod av en 8-stegs axialkompressor, 6 brännkammare av rak genomströmningstyp och en enstegsturbin. Kompressorn var konstruerad för ett kompressionsförhållande 3,3: 1 och efter ”free vortex”-principen. Detta kunde man göra genom att inloppsdiameterförhållandet fastställdes till det ganska konservativa värdet 0,7. Som material för kompressorn valdes dels stål och dels lättmetallegeringar, stål i alla ledskovlar och lättmetall i skivor och roterande skovlar samt i kompressorhuset. Proven visade att man inte bara kommit upp till en högsta kompressorverkningsgrad av 88 % utan dessutom lyckats få kompressorn helt fri från ”pumpning” inom driftområdet.

Materialfrågorna var väsentliga. I brännkammaren valdes för flamtuberna NIM 75. Turbinskovlarna som gjordes med grantoppsinfästning tillverkades liksom ledskovlarna av NIM 80.

Arbetet på Skuten påbörjades 1945 och i slutet av 1946 gav Flygförvaltningen STAL sin order på maskinen. Avsikten med Skuten-arbetet var i första hand att ge svar på frågan om man skulle gå vidare med axial- eller radialkompressorer.

Nästa steg i utvecklingen blev att såväl Flygmotor som STAL fick flygvapnets uppdrag att utveckla en större motor, på ca 3 000 kp: s dragkraft. Flygmotor gick vidare på radialkompressorlinjen, medan man på STAL fortsatte med axialkompressorer. Efter hand som utvecklingsarbetet gick vidare i intensiv takt vid de båda företagen blev det alltmer klart, att för flygmotortilllämpningar axialkompressorn hade väsentliga fördelar. Det blev därför STALS:s projekt, med arbetsnamnet Dovern, som gick vidare i konstruktion, provning och tillverkning, men i ett samarbete, där båda företagens utvecklingsresurser togs till vara. Under arbetet med detta maskineri kom en rad nykonstruktioner på gasturbin- och kompressorområdet fram.

Kompressorn som hade 9 steg var gjord helt av stål, till skillnad från Skuten, där man använde lättmetall-legeringar till skovelbladen. Med de högre periferihastigheterna i Dovern bedömdes riskerna för utmattningsbrott vara alltför stora för att man skulle våga satsa på aluminium. En omsorgsfull konstruktionsanalys visade, att man dessutom kunde komma ner i samma viktområde med stålskovlar. En tredje faktor som påverkade valet var att man då förutsåg en ökad användning av titanium som skovelmaterial och att en konstruktion baserad på stål mycket lätt skulle kunna anpassas till titaniumskovlar. "Pumpning" i kompressorn var kanske ett av de problem som krävde mest av tankemöda att komma tillrätta med. Mer än hundra konstruktionsändringar, större och mindre, fick göras innan man kunde garantera en jämn gång inom hela driftområdet. Kompressorn i Dovern, med sin toppverkningsgrad på 89 %, karakteriserades av sina konstruktörer som en av de finaste kompressorer som någonsin byggts.

Den första Dovern-maskinen provkördes i februari 1950. En period av intensiva prov, interfolierade med förbättringar och förändringar i konstruktionen, följde. Dragkraften kunde ökas, skovelbrotts- och lagerproblem kunde efter hand lösas. I maj 1952 genomgick Dovern godkända typprov med en dragkraft på 3 000 kp. Ytterligare prov med högre dragkraft gjordes, bl. a. ett 150-timmarsprov med över 3 300 kp i november 1952. En optimal bränsleförbrukning på 0,93 kg/kph kunde då noteras. Dovernmotorn tillverkades i 14 ex., av vilka ett gick till lyckosamma prov i en s. k. flygande provbock. Dessa prov gjordes i ett Lancasterplan, som Flygplanet inköpt från England.

Att Dovern inte fick den användning som var avsedd kan i alla fall inte skyllas på tekniska och ekonomiska prestanda.

Under tiden med intensivt arbete i slutskedet på Dovernprojektet fick STAL i uppdrag att utveckla en ny, större motor. Denna motor skulle få 5 000 kp dragkraft och fick arbetsnamnet Glan, nästa sjö i Finspångstraktens sjösystem.

Det svenska Flygvapnet fick varken Dovern eller Glan i sina nya flygplan. I stället valdes Rolls Royce' Avon-motor. Men på andra sätt levde gasturbinkonstruktionerna vidare. Det sammansvetsade team av gasturbinkonstruktörer

som bildats under den krävande utvecklings- och provningsperioden riktade sitt kunnande mot andra tillämpningar. Glankonstruktionerna blev kärnan i den gasturbinserie, varav det första exemplaret togs i drift 1957 i Varberg. Efter några år blev världens största gasturbinkraftverk ett annat av de konkreta resultaten. Tilltron till svenskt konstruktionskunnande gjorde att Vattenfallsstyrelsen 1959 fick ett bra reservkraftverk i Västervik, samtidigt som man initierade ett arbete som gett landet många miljoner i form av svensk export.

Skuten-, Dovern- och Glanarbetet, liksom Flygmotors jetmotorprojekt, medförde en rad tekniska framsteg som gör att de väl förtjänar en plats bland de skandinaviska pionjärinsatserna på gasturbinområdet. Samtidigt framstår skillnaderna mot sekelskiftets pionjärer starkt. Gustaf Dalén och Ægidius Elling arbetade visserligen tillsammans med andra men var dock i hög grad "sig selv nok". På 40- och 50-talen var det inte längre möjligt att arbeta på samma sätt. Det krävdes ett intimt och öppet samarbete inom ett stort lag av tekniska toppbegåvningar med en klar gemensam målinriktning. Även om enstaka gestalter reste sig ur gruppen — Curt Nicolin och Erik Östmar må det vara berättigat att nämna — var det *lagets* arbete som till slut gav resultat.

Och skandinaviskt gasturbinarbete går vidare. De projekt som på dessa sidor plockats fram ur mer eller mindre dammiga historieblad kommer säkert att få efterföljare i framtiden. Gustaf Dalén och Ægidius Elling kan med välbehag blicka ner på sina efterföljare.

Källor och litteratur

Wästberg, Erik: Gustaf Dalén. Stockholm 1938.
Johnson, Dag: "Ægidius Elling 100 år" (Volund 1962 Norsk Teknisk Museum).
Lysholm, Alf: Gasturbiner, Kompendium.
Jung, Ingvar: Gasturbinen, dess utveckling, nuvarande användning och framtidsutsikter. Teknisk Tidskrift 5—6, 1940.

PER CARLBERG

En märklig vattenbyggnad vid Ågs masugn

I ett föredrag i Sancte Örjens Gille i januari 1967 framhöll museidirektör Sigvard Strandh att i Tekniska Museets uppgifter bl. a. ingick att befrämja den industriella kulturminnesvård som måste bedrivas och även ofta bedrives i landsorten. Som ett föredömligt exempel på sådan kulturminnesvård visades en rad bilder från gamla bruk, som Stora Kopparbergs Bergslags AB äger och vårdar, däribland en mycket tilltalande bild av Ågs sedan 1927 nedlagda masugn i Svärdsjö socken av Kopparbergs län. Åg är remarkabelt icke endast som en väl bevarad träkolshytta av mindre format från senare delen av 1800-talet — årsproduktion ca 5 000 ton tackjärn — utan också för en för sin tid mindre vanlig vattenbyggnad. Om denna skall här lämnas några upplysningar.

Hyttan fick sin drivkraft från Isalaån, som vid sitt utflöde ur Ågsjön bildar ett mindre fall och en rad forsar. Vattnet tillfördes tre vattenhjul, av vilka två drev var sin Bagges blåsmaskin och ett användes för drift av kross och spel. Vid liten vattenföring hade man svårigheter med hyttdriften, vid flod eller vid flottning hade man besvär med att vattenhjulen gick i "bakvatten". Redan i början av 1870-talet hade man tydligen beslutat att sänka fallet. I ett brev av