E. Hubendick

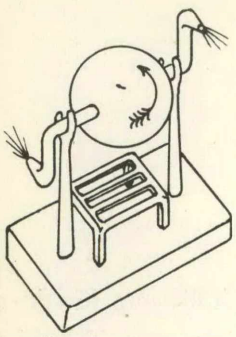
JAMES WATTS LIV OCH VERK

Professor E. Hubendicks redogörelse hölls som föredrag den 19. januari 1936 vid den av Föreningen Tekniska Museet och Södra samt Mellersta och Norra Sveriges Ångpanneföreningar anordnade sammankomsten till högtidlighållande av 200-årsdagen av James Watts födelse.

Det har ofta föreslagits, att den tid vi leva i skulle benämnas maskintidsåldern. Lika litet som för andra kulturepoker kunna vi uppdraga någon skarp gräns för denna tidsålders början, ja, vi ligga i själva verket i tiden så nära dess början, att vi stundom tveka att bestämt påstå dess förefintlighet. Om emellertid ett sådant kulturavsnitt är att räkna med, så kan detta återföras på *en* teknisk prestation, som i hög grad markerade, att något väsentligt nytt inträffat i den materiella kulturens utveckling. Denna prestation utfördes av *en* människa och bestod däri, att ångmaskinen gjordes till en ekonomisk, utvecklingsbar och allmänt användbar maskin.

Maskintekniken är ej alls så ny som vi oftast föreställa oss. Vi spåra tecken till dess framträdande långt tillbaka i tiden. Redan i de forntida egyptiska och mesopotamiska rikena funnos framstående ingeniörer, kanske särskilt bland prästerna. Jag tänker därvid ej på deras även i våra ögon märkliga byggnadsverk och de mekaniska anordningar, som användes för dessas uppförande. Det synes finnas anledning förmoda, att särskilt de egyptiska prästerna kände till möjligheterna för mera komplicerade mekaniska anordningar än vi ännu i detalj känna till. Sannolikt höllos dessa kunskaper omsorgsfullt hemliga i templen. Först några århundraden före vår tidräkning börja de skymta fram. I andra århundradet före vår tidräknings början skrev Heron från Alexandria ett arbete, i vilket han dels beskrev egna uppfinningar, dels beskrev sådana anordningar, förslag och projekt, som då voro kända och som han sökt samla för att giva en fullständig bild av dåtidens mekaniska kunskap. I en del fall voro dessa förslag mycket gamla, kanske sekler.

Herons kula.



Om vi nu uteslutande hålla oss till ångan, så finner man bland beskrivningarna en anordning, som blivit kallad »herons kula», ehuru den var känd långt före Herons tid. Den innesluter i sig reaktionsångturbinens enklaste princip. Sannolikt har den dock aldrig varit utförd under antiken, annat än möjligen som en liten försöksanordning.

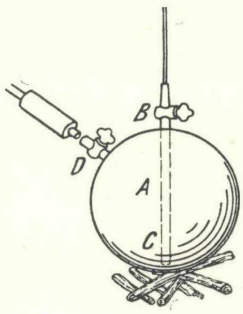
Denna påtagliga begynnelse till en maskinteknik under antiken synes emellertid ånyo ha avstannat. Grekerna synas ha mera intresserat sig för en abstrakt betonad naturforskning, men mindre för naturkunskapens användning. Romarna voro ett praktiskt begåvat

folk, men deras praktiska sinne var huvudsakligen inriktat på statskonst och sociologi. Under medeltiden kommo visserligen som drivkraft vind- och vattenhjul till användning och på det mekaniska området gjordes väsentliga förbättringar och nya uppfinningar, men den intellektuella verksamheten var ej inriktad på timliga, utan på andliga ting.

Ångan och dess kraft var som ovan anförts visserligen känd redan under antiken, men ända till början av nyare tiden var den ännu ej praktiskt använd. Det dröjde ett stycke in i nyare tiden innan de maskiner började utvecklas, som skulle skapa förutsättningarna för en maskintidsålder.

Salomon de Caus.

En i Tyskland verksam fransman, Salomon de Caus, utgav 1615 en bok, i vilken han anför: »Det tredje sättet att lyfta vatten är med biträde av eld, varigenom man kan tillskapa åtskilliga maskiner; jag vill här anföra blott en». Och så beskriver han en av kopparplåt väl tillödd kula (A), i vilken genom en kran (D) kan insläppas vatten. Eldar man sedan under kulan, tryckes vattnet ut genom ett stigrör (C), som mynnar vid kulans botten, om man öppnar en kran (B) i stigröret. Anordningen torde emellertid aldrig ha varit utförd annat än möjligen som en liten försöksanordning.



Emellertid synes de Caus ha funderat en hel del på möjligheterna att använda ånga, ty återkommen till Frankrike, pläderade han kraftigt för att man »medelst ånga från kokande vatten kan framdriva fartyg över oceanen och vagnar på landsvägarna och åstadkomma många andra underbara ting». Ja, han synes ha drivit denna sats så hårt, att han av fränder och vänner år 1624 inspärrades i en järnbur »såsom varande tokig och vådlig för den allmänna säkerheten», och i denna järnbur dog han 1626 såsom verkligt vansinnig.

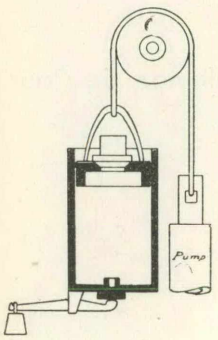
År 1629 beskriver Giovanni Branca en med ånga driven maskin, avsedd att driva ett stampverk. Denna »ångturbin» säges även ha varit utförd, men då säkerligen blott i miniatyr, ty dess konstruktion är ej sådan, att den skulle kunna utföra ett verkligt arbete.

Under 1600-talets första hälft inträffade några händelser, vilka satte tankarna och fantasien i rörelse. Evangelista Torricelli påvisade år 1643 luftens tryck. Det var genom vad vi nu kalla barometerröret, som han utförde och fann att luften hade förmåga att lyfta en tung vätska till en viss höjd. Om man därför, tänkte Torricelli, kunde åstadkomma ett lufttomt rum, så skulle atmosfären kunna pumpa vatten åt oss från en nivå till en annan högre belägen nivå. Men huru

skulle man kunna åstadkomma ett lufttomt rum, eller åtminstone delvis lufttomt, eller som vi säga, ett partiellt vacuum?

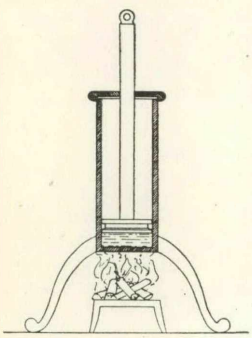
Detta problem lyckades Otto von Guericke lösa år 1650. Han konstruerade en luftpump, med vars hjälp han kunde pumpa ut luften ur ett lufttätt kärl. Lösningen hade emellertid ett fel. Det åtgick ett ofantligt arbete för att åstadkomma detta lufttomma rum och detta arbete måste åstadkommas med handkraft av en pumpande man. Då var det dock bättre att ställa mannen att pumpa vatten direkt.

Papin's »gryta».



Först år 1674 lyckades Denis Papin utföra en maskin, en cylinder med kolv, i vilken han genom att förbränna en krutladdning i cylindern och låta gaserna strömma ut genom en ventil, som slöt sig då trycket i cylindern nedgått till atmosfärtryck kunde åstadkommas ett tryck under atmosfären. Kallnade nämligen nu de kvarvarande krutgaserna, så uppstod ett partiellt vacuum, och kolven trycktes av atmosfärens kraft in i cylindern. Förbands kolven med en pump, så kunde på detta sätt vatten uppfordras. Men maskinen var livsfarlig och därför oanvändbar för praktiskt bruk.

Papin grubblade emellertid vidare på problemet, och 1690 gav han det en ny lösning. Denna maskin bestod av en cylinder sluten i sin undre ände. I cylindern löpte en kolv med kolvstång. Fanns nu i cylindern en del vatten och man eldade under cylindern, så förångades vattnet och lyfte kolven i höjden. Om därefter elden släcktes och kallt vatten spolades över cylindern, så kondenserades ångan, ett partiellt vacuum uppstod, och den yttre luften drev med stor kraft kolven ned i cylindern. Var kolven på lämpligt sätt förbunden med en pump, så kunde vatten lyftas, då kolven gick ned i cylindern. Papin har försökt en modell av denna maskin. Cylinderdiametern var $2^1/_2$ tum och maskinen lyfte en tyngd på 60 skålpund varje minut. Härav drog han den slutsatsen, att en cylinder av 2 fots diameter och 4 fots höjd skulle lyfta 8.000 skålpund 4 fot högt varje minut. I vårt mått är detta i det närmaste en hästkraft. Papin säger vidare, att han med sin maskin kan pumpa vatten ur gruvor, kasta bomber och framdriva fartyg mot vind och ström.

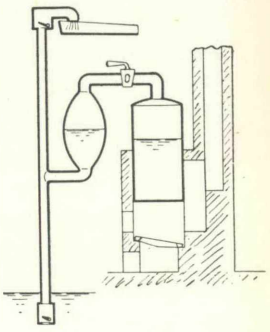


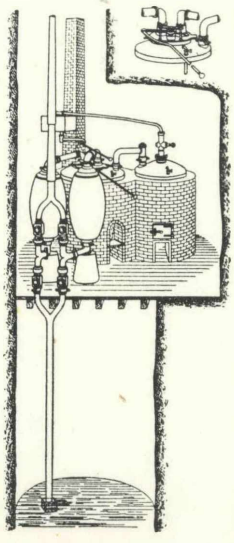
Någon verklig maskin synes emellertid ej ha blivit utförd. Skälet är helt enkelt det, att man på den tiden ej kunde utföra en cylinder med tätande kolv. Papin hade emellertid visat att man med ånga av kokande vatten, om ångan sedan kondenserades genom avkylning, kunde åstadkomma ett lufttomt rum och därigenom använda atmosfärtrycket för utförande av ett arbete. Emellertid hade Pa-

pins förslag även ett stort fel. Ångpanna, arbetscylinder och kondensator voro förlagda till ett och samma kärl, vilket gjorde maskinen i hög grad opraktisk. För varje dubbelslag hos kolven skulle man göra upp eld, släcka den och spola vatten över cylindern. En sådan maskin var givetvis oanvändbar för praktiskt bruk.

Ej långt efter Papins försök löstes slutligen ångmaskin-, eller rättare, ångpumpproblemet av en engelsman vid namn Thomas Savery. Han beskrev 1696 sin maskin i en skrift och utförde ett första exemplar två år därefter. Principen för maskinen var följande. I en ångpanna med eldstad alstrades ånga. Tänka vi oss maskinen redan vara under användning, så insläppes genom öppnande av en kran ånga i en vattenbehållare över vattenytan, varigenom vattnet tryckes ut vid behållarens undre del och upp genom en övre tryckventil till en högre nivå. Stänges kranen, sedan behållaren blivit tom på vatten, så kondenserar ångan så småningom, då den yttre luften genom en undre sugventil trycker upp vatten så att behållaren åter fylles. Denna maskin var en verklig, praktisk användbar maskin, tack vare att ångpannan skilts från ångcylindern. Den hade vidare den fördelen, att vattnet själv fick vara kolv i cylindern, här behållaren, varför några tätningsbekymmer ej förekommo. Maskinen hade emellertid även brister. En brist, som *vi* förstå, men som man då hade svårare att inse, var att en massa ånga kondenserades i onödan. Detta hade till följd att endast 0,3 % av bränslets arbetsförmåga utnyttjades. Det andra, och för den tiden allvarligaste felet var, att maskinen var användbar endast för små uppfordringshöjder och små vattenmängder. Den teoretiskt högsta sughöjden var 10 meter, och försökte man använda större tryckhöjder än några få meter så exploderade ångpannan, varvid svåra förödelser uppkommo. Ett flertal exemplar av Saverys ångpump utfördes, men på grund av begränsningen i tryckhöjd och vattenmängd kunde den ej hjälpa de engelska järn- och kolgruvorna i deras svårigheter med vattenundanhållning. Det fanns gruvor, vid vilka man använde 500 hästar för att driva pumparna och ofta var ej ens detta tillräckligt. Denna skrymmande och ohanterliga apparat med hundratals hästkreatur, som drogo pumpanordningar, var ej heller lätt att vid behov utöka.

Thomas Savery.





En smidesmästare och järnhandlare, Thomas Newcomen i Dartmouth, Devonshire, hade försökt införa Saverys maskin i sin hemtrakt, men fått klart för sig, att den ej passade som pumpmaskin för djupa gruvor. Troligen kände han även Papins försök med kolv, ty be-

skrivningen över denna var utgiven i en engelsk upplaga. Han började därför år 1707 försök, vilka måste sägas ha varit mycket djärva för sin tid, men först år 1711 framlade han ett verkligt förslag till en maskin. Detta utarbetades för en gruva, som just använde 500 hästar för att draga pumparna, ett pumpverk, som kostade 900 pund pr år att hålla i gång. Man vågade sig emellertid ej på att försöka Newcomens förslag där utan först några månader senare beslöt sig en annan gruva för att låta bygga en sådan maskin.

Newcomen.

Newcomens maskin var i motsats till Saverys en rent atmosfärisk maskin. Ångan användes endast för att åstadkomma ett lufttomt rum i en cylinder med rörlig kolv, liksom på Papins maskin. Den kraft, som användes, var den atmosfäriska luftens tryck. Från den under cylindern uppställda ångpannan kunde ånga insläppas under kolven varvid kolven gick i höjden emedan pumpkolven, som var upphängd i motsatta ändan av den balans, i vilken ångkolven hängde, var tyngre än ångkolven. När ångkolven kommit till sitt högsta läge, stängdes ångtilloppet. Cylindern var omgiven av en med vatten fylld mantel, varjämte vatten flöt ut över kolven och verkade som tätningsmedel. Ångan kondenserade då så småningom och kolven trycktes ned i cylindern av det yttre lufttrycket. Då maskinen blivit uppställd år 1712, inträffade efter någon tid en händelse, som blev av stor betydelse. Kolven gjorde på denna maskin helt långsamma slag, ty ångan kondenserade långsamt. Nu inträffade plötsligt, att kolven gjorde vida hastigare slag. Vid noggrann undersökning fann man, att på kolven uppstått ett hål genom vilket kallt vatten inkom i cylindern, varför ångan kondenserade fortare. Därigenom uppkom tanken att kondensera ångan hastigare genom att avlägsna vattenmanteln och i stället inspruta kallt vatten i cylindern. Denna vattenstråle insprutades från bottnen mot kolven. Vidare anordnades ett vattenavlopp från cylindern. Så småningom försågs maskinen även med automatisk styrning. Cylinderdiametern var nära 2 meter. Ett stort antal Newcomenmaskiner utfördes. Den 33-dje i världen var den av Mårten Triewald år 1728 vid Dannemora gruvor uppsatta, som var i drift under sju år. Den form, som Newcomen givit ångmaskinen bibehölls om än med en del mindre förbättringar, i ungefär ett halvt sekel.

Mårten Triewald.

Intet principiellt nytt tillkom. Ångmaskinen var uppfunnen, den var fullt driftsduglig och användbar, den byggdes i stora enheter, och kunde pumpa stora vattenmängder ur djupa gruvor och gjorde sin tjänst. Den hade till synes nått sin fulländning.

Och dock är det först nu, mot slutet av 1700-talet, som de händelser inträffa, vilka kunna sägas utgöra maskinålderns början.

Anledningen till ett sådant påstående är att Newcomens maskin och de modifikationer av denna, som utförts, aldrig kunde bilda den grund, varpå en maskinålder kunde byggas upp. En dåtida engelsman sade om ångmaskinen, att »den behöver en järngruva för sin tillverkning och en kolgruva för sin drift». Så stor och tung var maskinen och så stort var bränslebehovet.

Mannen som skapade förutsättningarna för maskinåldern genom ångmaskinens förbättring till en utvecklingsbar maskin och som även utförde det grundläggande för denna utveckling, var den skotske instrumentmakaren James Watt, och årtalet för bragden kunna vi, om än med något godtycke, sätta till år 1777. Vad James Watt uträttade, blev grundläggande för 100 år framåt och är det i viss mån ännu. Först år 1883 inträffade ånyo något grundläggande nytt, då vår landsman, Gustaf de Laval förverkligade ångturbinen.

Jag lämnar därför nu redogörelsen för de energiproducerande maskinernas utvecklingshistoria före James Watts arbeten på området, och övergår till en skildring av mannen, som lade den grund, på vilken maskinåldern skulle byggas upp.

James Watt.

I Greenock vid Clyde i Skottland levde i början av 1700-talet en timmerman, vars familjenamn var Watt. Han tillhörde en skotsk släkt med matematiska anlag, ty hans närmaste förfäder hade varit lärare i matematik och matematiskt betonade ämnen, såsom navigation o. d. Denne Watt synes ha varit en mångkunnig man. Han byggde hus och fartyg, tillverkade möbler och fartygsutrustningar samt utförde vid behov även »matematiska instrument», varmed bl. a. torde avses instrument för navigering. Han bedrev även handel med fartygsutrustningar o. d. Trots denna mångsidighet synes han ha levat i små omständigheter. Denne Watt gifte sig år 1729 med en Agnes Muirhead. Hon beskrives som vacker, huslig samt utrustad med stort förstånd, omdömesförmåga och intelligens. Åt dessa makar föddes den 19. jan. 1736 ett gossebarn, vilket gavs det i släkten ofta förekommande namnet James. Barnet säges ha varit utomordentligt svagt, varför det endast var genom moderns uppoffrande och ömma vård som det kunde bliva vid liv. Gossens barndom synes ha förflutit i ensamhet och stillhet. På grund av hans klena hälsa sattes han först vid 14 års ålder i skola. Där ansågs han trög utom i räkning, och kamra-

19. jan. 1736.

terna höllo honom för dum, emedan han var tystlåten och gick för sig själv i egna tankar. Troligen led James Watt redan då av den svåra huvudvärk med åtföljande trötthet och depression, som med korta mellanrum i långvariga perioder hemsökte honom under hela hans ungdoms- och mannaålder. I faderns verkstad kom han i ständig beröring med instrument och verktyg. Där tillverkades ju allehanda föremål, och ofta reparerades kompasser, sextanter och andra instrument. Gossen hade fått sin egen arbetsplats i verkstaden, där han efter gottfinnande kunde sysselsätta sig, och han förskaffade sig under uppväxtåren på sådant sätt en ovanlig hantverksskicklighet. Men hans verksamhetslust var mycket ojämn. Ibland syntes han flitigt och ivrigt hantverkande, ibland, kanske på grund av sin huvudvärk, föreföll han indolent. Han var emellertid vetgirig och läste allt han kom över. Därtill hade han, som så ofta är fallet med klena och ensamma barn, en ovanligt livlig fantasi; han var en stilla drömmare. Vid sina ensliga lekar uttänkte, eller kanske rättare upplevde, han i sin fantasi sagor, vilka han sedan berättade. Denna diktarefantasi behöll även mannen, denne annars strängt objektivt tänkande tekniske forskare och konstruktör. Det berättas, att Walter Scott tjusats av denna sagodiktarekonst, då han sammanträffade med den åldrige Watt, då över 80 år gammal.

På grund av den stora hantverksskicklighet James Watt förvärvat, beslöt han i ynglingaåren att utbilda sig till instrumentmakare och överflyttade för sådant ändamål till Glasgow. Där visade det sig emellertid inom kort, att det ej fanns någon som kunde giva honom några ytterligare kunskaper. Med rekommendationer från nyförvärvade vänner och gynnare i Glasgow reste han därför till London, där han fick elevplats hos en skicklig instrumentmakare. Under det år han tillbringade i London, levde han så fattigt och billigt som möjligt, rädd för att betunga fadern för mycket med kostnader för utbildningen. Men han förskaffade sig under detta år sådan yrkeskunskap, att han 20-årig kunde återvända till Glasgow, för att slå sig ned där som egen instrumentmakare. Men därvid mötte svårigheter. I denna stad fick ingen hantverkare slå sig ned, som ej var son till någon borgare i staden och även genomgått sin lärlingstid i Glasgow. Watts yrkesskicklighet torde emellertid komma i sin rätta belysning, då man erfar, att i denna svårighet universitetet år 1757 upplät en liten verkstadslokal åt honom, med uppdrag att vårda läroanstaltens modellsamling. Samtidigt erhöll han rätt att i denna lokal bedriva egen för-

värvsverksamhet. Han blev snart även livligt anlitad som finmekaniker för de mest skiftande arbeten. Därvid kände han bristen av sin teoretiska utbildning och bedrev för att avhjälpa denna, självstudier under lediga stunder. Även kom han i livlig och vänskaplig beröring med universitetets studenter och professorer. Bland dessa var det en student Robinson, senare berömd professor i Edinburgh, som redogjorde för Watt om sina funderingar att driva vagnar med ångmaskin och föreslog Watt att hjälpa till med lösandet av detta problem. Från 1759 sysselsatte sig de två vännerna med denna fråga. Den kom dock aldrig längre än till överläggningar, och då Robinson efter någon tid anträdde en utländsk resa, upphörde samarbetet, och Watt synes även ha skjutit problemet i bakgrunden.

Om sitt sammanträffande med Watt har Robinson senare skrivit: »Jag såg en arbetare och väntade mig ej heller mer, men överraskades av att i honom finna en lärd man, knappt äldre än jag själv, men dock ständigt berikande mina kunskaper. Jag inbillade mig att vara tämligen bevandrad i mina älsklingsstudier och kände mig mycket nedstämd, då jag fann Watt vara mig så överlägsen. Jag fann honom ständigt gå fram på obanade vägar, där jag blott kunde följa efter. Varje oklar fråga var för honom utgångspunkten för nya och allvarliga studier, och han vilade ej förr än han antingen påvisat dess värdelöshet eller gjort något av den.» Denna korta karakteristik ger oss en utomordentligt klar bild av James Watt.

År 1762 återupptog Watt tanken på ångmaskinen. Då studerade han den förefintliga ångmaskinslitteraturen och då utförde han även en liten försöksmaskin med en s. k. »papins gryta» som ångpanna och ett rör med en kolv som ångcylinder. Avsikten var närmast att bestämma ångtrycket. Detta gjorde han genom att belasta kolven med en vikt. Watt kände väl till högtrycksångans farlighet och de förhärjande verkningar, som uppstodo om pannan exploderade. Men han lärde även känna svårigheterna att vid högt tryck hålla kolv och ledningar täta; han gick vid sina försök upp till 6,8 atm. Han lämnade därför ånyo tanken att använda högtrycksånga. Härtill bidrog även hans övertygelse att ett vacuum under alla förhållanden var nödvändigt för erhållande av en låg kolförbrukning.

För förvärvsarbete måste han emellertid återigen lämna sina ångmaskinsfunderingar, till dess han vintern 1763—1764 fick en universitetet tillhörig modell av en Newcomenmaskin till renovering. Sedan han reparerat modellen, ville han även prova denna »leksak». Detta

prov och de erfarenheter han därvid gjorde, blev utgångspunkten för Watts geniala nyskapande arbeten på ångmaskinområdet. Med en förvånande skarpsinnighet gjorde han vid detta försök en del iakttagelser, ställde sig frågor om deras orsak, utförde fysikaliska experiment för att kunna giva sig svar i kvantitativa värden och löste slutligen, genom ett mödosamt tänkande, frågan om ångmaskinens större effektivitet och mindre bränsleförbrukning.

Watt iakttog vid sin provning av modellen, att ehuru ångpannans volym var många gånger större än slagvolymen i cylindern, räckte ångan endast för några få kolvslag. Vidare iakttog han, att en stor mängd kallt insprutningsvatten erfordrades för att hålla maskinen igång, även vid liten belastning. Genom ökning av insprutningsvattnet kunde det av maskinen avgivna arbetet ökas, men därvid steg ångförbrukningen betydligt.

I litteraturen fann Watt uppgiften, att vid tryck under atmosfärens, kokade vatten vid lägre temperatur än vid atmosfärtryck. Häri trodde han sig finna orsaken till modellmaskinens uppförande. Men siffror över ångtryck och temperatur funnos ej; dem måste han skaffa sig själv. Detta var ingen lätt uppgift, och de flesta skulle ha stannat inför denna svårighet. Med sina instrument kunde Watt ej åstadkomma tryck under atmosfärens. Med en »papins gryta», en barometer och en termometer undersökte han då sambandet mellan tryck och temperatur hos kokande vatten vid tryck över atmosfärens, avsatte trycken som ordinata och temperaturerna som abskissa och utdrog linjen under atmosfärlinjen. Han var härvid den första, som utförde en systematisk undersökning över dessa sammanhang, och vad som ännu märkligare är, att hans värden, trots försökets enkelhet, äro förvånansvärt noggranna. Genom den grafiska behandlingen skapade han även för teknik och vetenskap en ovärderlig arbetsmetod.

Watt måste ytterligare skaffa sig kännedom om, huru mycket ånga i volym räknat, som bildades av en viss volym vatten för att med hjälp därav kunna beräkna modellmaskinens ångförbrukning. Häröver fanns en uppgift i litteraturen, men han insåg inom kort, att den måste vara felaktig. Det fanns sålunda ingen annan utväg än att göra egna undersökningar. Med en ytterst enkel, men genialisk metod bestämde han den volym ånga av atmosfärtryck, som erhölls av en viss volym vatten. Även detta värde är märkvärdigt exakt. Av dessa mätningar fann han, att för en cylinderfyllning i Newcommenmaskinen åtgick en ångvolym, fyra gånger så stor som cylindervolymen. Detta

kunde ej förklaras på annat sätt än att för varje cylinderfyllning kondenserades tre cylinderfyllningar ånga. För att bilda denna ånga hade åtgått stenkol, men den kondenserades utan nytta. För att maskinen ej skulle sluka kol, måste sålunda cylinderkondensationen förebyggas. Ett viktigt resultat att hålla i minnet.

Nu företog han sig att mäta den vattenmängd, som erfordrades för att kondensera en cylinderfyllning. Detta gjordes vid $^1/_2$ atm. abs. tryck i cylindern. Vattenmängden var så överraskande stor, att han trodde sig ha begått något misstag. Därför ansåg han sig, för att vara säker, även böra direkt bestämma ångbildningsvärmet. Detta utfördes vid atmosfärtryck. Han fann, att en volym vatten i ångform vid 100° C erfordrade sex volymer vatten av 11° C, som uppvärmdes till 100° C, för att ången skulle kondensera. Därvid hade kondensatet ökat från 6 till 7 volymer. Härur kunde ångbildningsvärmet beräknas. Även vid detta försök erhöll han ett värde, som är nära nog exakt.

Ångbildningsvärmet.

Vi skola ett ögonblick uppehålla oss vid sättet för detta försöks utförande. Watt använde för försöket en vanlig tepanna, i vars pip han inkittade ett omböjt glasrör, vilket med den fria änden mynnade under vattenytan i ett kärl, som innehöll kallt vatten. Sattes tepannan över elden, avkokade en del vatten, vars ånga gick genom glasröret ned i kondenseringskärlet och kondenserade i det kalla vattnet. Det är märkligt, att med en så enkel apparat kunna komma till ett värde så nära det rätta. Men detta försök för våra tankar även till en annan sak. Alla känna vi väl den ofta reproducerade bilden, där den lille gossen James Watt sitter och ser på huru locket över tepannans pip lyfter sig vid ångans utströmmande, då hans mamma kokade tevatten. Som vuxen skulle han därav dragit slutsatsen, att ången representerade en kraft, vilket skulle givit honom idéen till ångmaskinen, som han skulle ha uppfunnit. Måhända härstammar denna vackra saga just från detta experiment, där Watt verkligen använde sig av en tepanna, men sagan är osann. Ångans kraft var känd sedan antiken. Ångmaskinen var uppfunnen 70 år tidigare. Watt använde sig ej heller till en början av ångans övertyck, utan av dess undertryck. Och Watts insats på ångmaskinområdet var en vida svårare och mera komplicerad intellektuell bragd, som vi straxt skola finna.

Vi återgå därför efter denna utvikning till Watts försök. Det stora ångbildnings- och kondensationsvärme, som Watt funnit vid sina försök, kunde han ej förstå, varför han vände sig till sin vän Joseph

Black. Denne kunde då bestyrka Watts resultat. Han hade själv nyligen förut utfört försök över isens smältning och vattnets ångbildning, och upptäckt det s. k. latenta värmet. Nu var det tydligt för Watt, varför maskinens arbete ökade, då kondenseringsvattenmängden ökade. Vid ökad kondenseringsvattenmängd blev kondensatet kallare. Ju kallare kondensatet var, ju lägre blev ångtrycket i cylindern. Vid t. ex. 80° blev trycket 0,48 atm., men vid t. ex. 60° blev trycket 0,2 atm. Ju lägre trycket var i cylindern, eller rättare, ju större vacuumet var i cylindern, desto mer arbete kunde maskinen avgiva. För att få mycket arbete, skulle kondenseringen befordras genom låg temperatur, vilken erhölls genom stor kondenseringsvattenmängd.

Analysen var sålunda klar. För att förbruka så litet ånga och kol som möjligt, måste cylindern vara så varm som möjligt så att ånga ej kondenserade i onödan. För att få mesta möjliga arbete, måste cylindern vara så kall som möjligt så att snabb kondensering vid lågt tryck inträdde.

Genom det sätt varpå Watt kom till detta resultat, är han förebilden för en rationellt arbetande ingeniör. Han var en av de första ingeniörer, som byggde sin verksamhet på tekniskt-vetenskaplig forskning, vilka forskningsresultat sedan kunde utgöra grunden för problemens lösning.

Kondensorproblemet.

Men resultatet var förbryllande. Ångmaskinscylindern skulle samtidigt var så varm och så kall som möjligt. Två mot varandra stridande fordringar skulle samtidigt uppfyllas. För våra dagars ingeniörer är detta ej så märkvärdigt, ty sådana äro nästan alltid ingeniörsproblemen. Konsten ligger i att lösa konflikten.

Hur skulle nu det av Watt funna problemet kunna lösas? De flesta skulle nog ha sagt, att det var olösligt och övergivit det, men Watt kunde ej avfärda det så lätt. Det sysselsatte honom ständigt. Han skrev 1765 till en vän: »alla mina tankar röra sig kring maskinen, jag kan ej längre tänka på något annat», och han säger, att han »lång tid staplade omkring i dunkel, vilseledd av irrbloss», innan problemets lösning gick upp för honom. Huru detta gick till, beskriver han själv på det för honom karakteristiska och anspråkslösa sättet. »En söndagseftermiddag gick jag och spatserade i det fria utanför min port. Jag tänkte på maskinen och hade ej gått länge, då den tanken kom för mig: ångan är en elastisk kropp, som skulle kunna inströmma i ett lufttomt rum mycket fort. Om alltså ett lufttomt rum sattes i förbindelse med cylindern, så skulle ångan inströmma och kondensera i detta,

utan att cylindern behövde avkylas.» Han insåg, att han måste avlägsna kondensvattnet och insprutningsvattnet från det lufttomma rummet, ävensom inträngande luft. Detta kunde göras med en pump. Och han fortsätter: »Jag hade ej gått mycket längre så stod redan hela saken klar i mina tankar.»

Alltså: Papin hade ångpanna, arbetscylinder och kondensor i samma kärl; Savery och Newcomen förlade ångpannan till ett särskilt kärl, men det tog ett halvt århundrade innan Watt efter mycket grubbel insåg, att ångpanna, arbetscylinder och kondensor måste vara tre skilda kärl. Och det var tack vare de tekniskt-vetenskapliga undersökningar han utförde, som han kunde komma till denna insikt. Redan följande morgon utförde han med sina primitiva medel en försöksapparat. Den var så anordnad, att han kunde släppa in ånga på översidan av en kolv i en cylinder. Sedan ångtilloppet avstängts, kunde cylindern sättas i förbindelse med ett urpumpat kärl, i vilket insprutades vatten. Om ångan då kondenserade, skulle kolven på grund av atmosfärens tryck på kolvens undersida kunna lyfta en vikt. Så inträffade även vid försöket. Problemets lösning var riktig. Det var möjligt, att alltid hålla cylindern varm och kondensorn kall.

Men nu återstod att lösa den mångfald av problem för det konstruktiva utförandet, som uppstodo som konsekvens av satsen, att cylindern skulle hållas lika varm som den inströmmande ångan, men kondensorn kall.

Förut hade vid Newcomens maskiner kolven tätats med vatten. Detta dög ej längre. Nya tätningar måste utarbetas. För att cylindern ej skulle kylas, fick den ej stå fritt omspolad av väder och vind. Den måste stå i ett rum med stängda fönster och dörrar. Dessa två problem förde fram till den konstruktionen, att en ångmantel fick omgiva cylindern och gå upp över kolven, då endast kolvstången behövde tätas, vilket var lätt, då trycket hos luft och ånga var lika. Läckte sedan kolven, så läckte ånga in i cylindern.

Det tog många år att slutgiltigt genomarbeta maskinen och få den utförd. Redan år 1767 hade försöken kostat 1.000 pund, och vad värre var, försöken att göra en användbar ångmaskin hade misslyckats. Detta berodde ej på felaktiga tankar, utan på utförandesvårigheter. Watt måste för att kunna försörja sig och sin familj då avbryta sina arbeten med ångmaskinen och taga anställning som lantmätare vid kanalbyggen. Det är betecknande för honom, att han under denna tid gjorde värdefulla förbättringar på instrumenten för lantmäteriet.

År 1769 kom Watt emellertid i förbindelse med en industriman, Dr Roeback, vilken släppte till medel för byggande av en ny försöksmaskin, men även denna blev en besvikelse. Utförandet var ej bra. Kondensatorn kunde ej hållas tät, effekten var låg, och till råga på olyckan måste Dr Roeback inom kort gå i konkurs. Vid konkursrealisationen ville ingen bjuda ett öre för Roebacks andel i Watts patent. Till slut — år 1773 — övertog en annan mycket ansedd och dugande industriman, Matthew Boulton, denna andel.

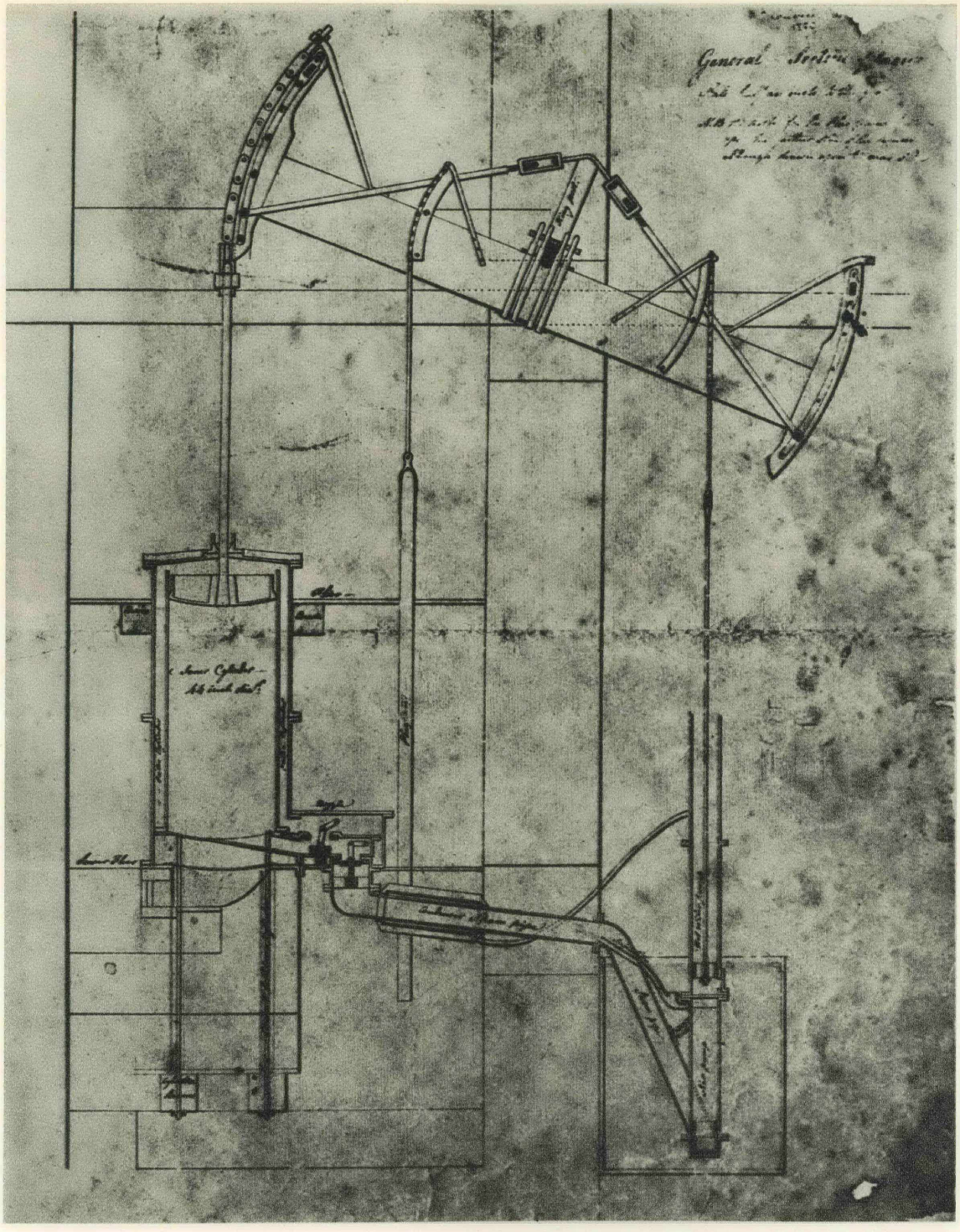
Boulton.

Boulton hade i Soho vid Birmingham igångsatt en metallvarufabrik, vilken förvärvat sig världsrykte. Han var en glänsande organisatör och affärsman och var den mest lämpade att föra fram en sådan uppfinning som Watts. I början av år 1774 flyttade Watt över sina arbeten till Soho. Den sist förfärdigade maskinen, som under flera år varit utsatt för vanvård, reparerades, förbättrades och hopsattes. I november kunde Watt meddela sin fader, modern hade avlidit redan år 1753, att han nått bättre försöksresultat än någon gång förut. Det följande året utbyttes den ursprungliga cylindern, som var av tenn, mot en ny av gjutjärn. De resultat, som nu erhöllos, voro sådana, att beställningar kunde mottagas. Redan år 1777 levererades två maskiner till gruvor i Cornwall. Watt övervakade själv uppsättningen. Efter igångsättning kunde han skriva till Boulton: »Hastighet, kraft, storlek och det förfärliga buller, som maskinen gör, har tillfredsställt alla, vänner och fiender, som sett maskinen. En eller två gånger hade jag inställt den så att gången var lugnare och den gjorde mindre buller; men Dr Wilson (ägaren) kan ej sova, om den ej bullrar. Sedan överlämnade jag den till maskinistens vård. I förbigående sagt — man tycks av bullrets styrka sluta sig till maskinens kraft. Den blygsamma förtjänsten erkännes här lika litet som bland människorna.» Tre år senare hade 20 maskiner levererats och omkring 40 voro under tillverkning.

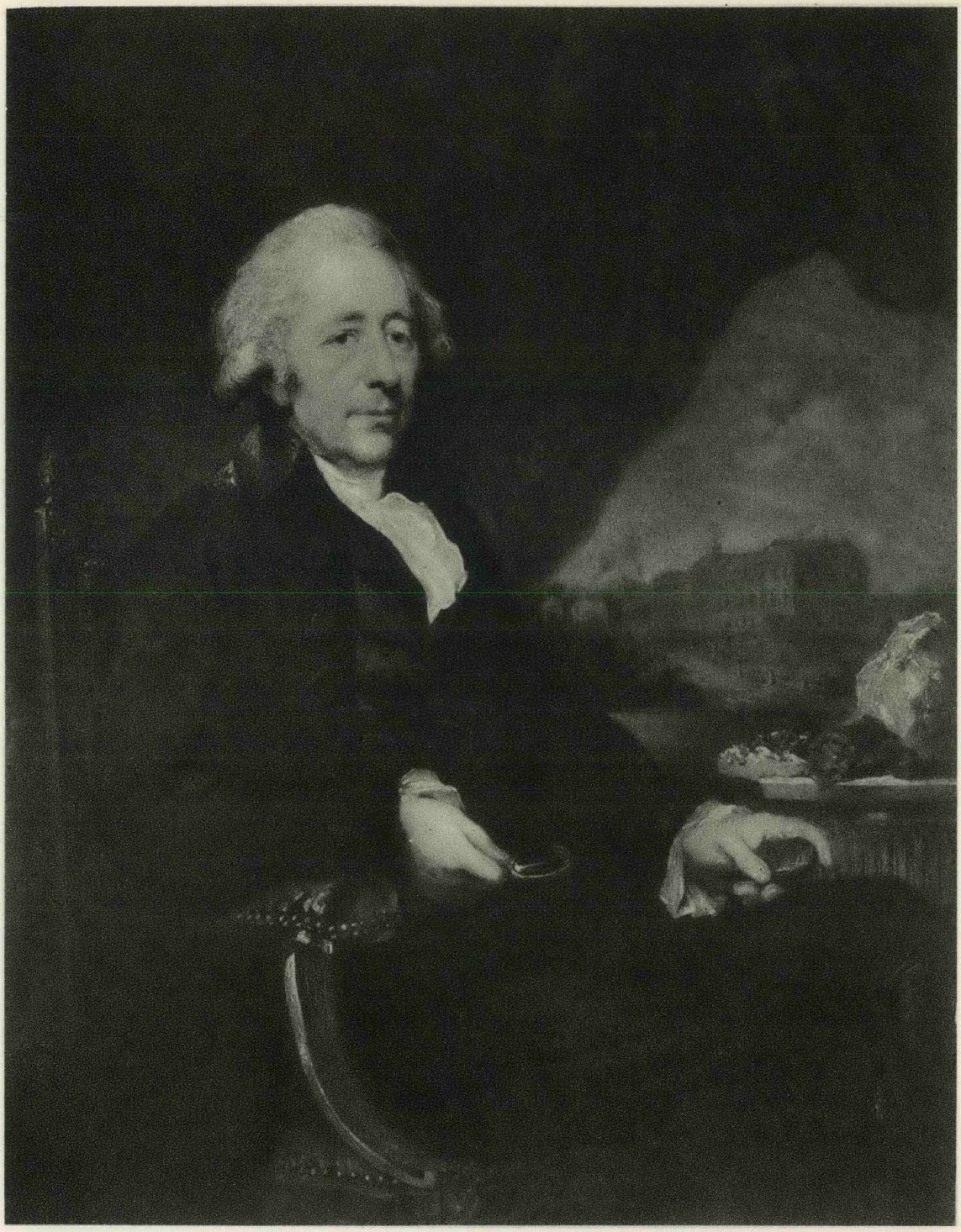
Parallellogramrörelsen.

Watt insåg snart, att han måste arbeta även med övertryck, och att maskinen måste göras dubbelverkande, men då kunde kolvstången ej hänga i en kedja. Den måste kunna skjuta balansen uppåt. Att åstadkomma en däremot svarande parallellrörelse var ett svårlöst problem. Watts parallellogram blev lösningen. Själv sade Watt, att han endast utfört en del förbättringar på ångmaskinen, men att han gjort en verklig uppfinning, parallellogramrörelsen.

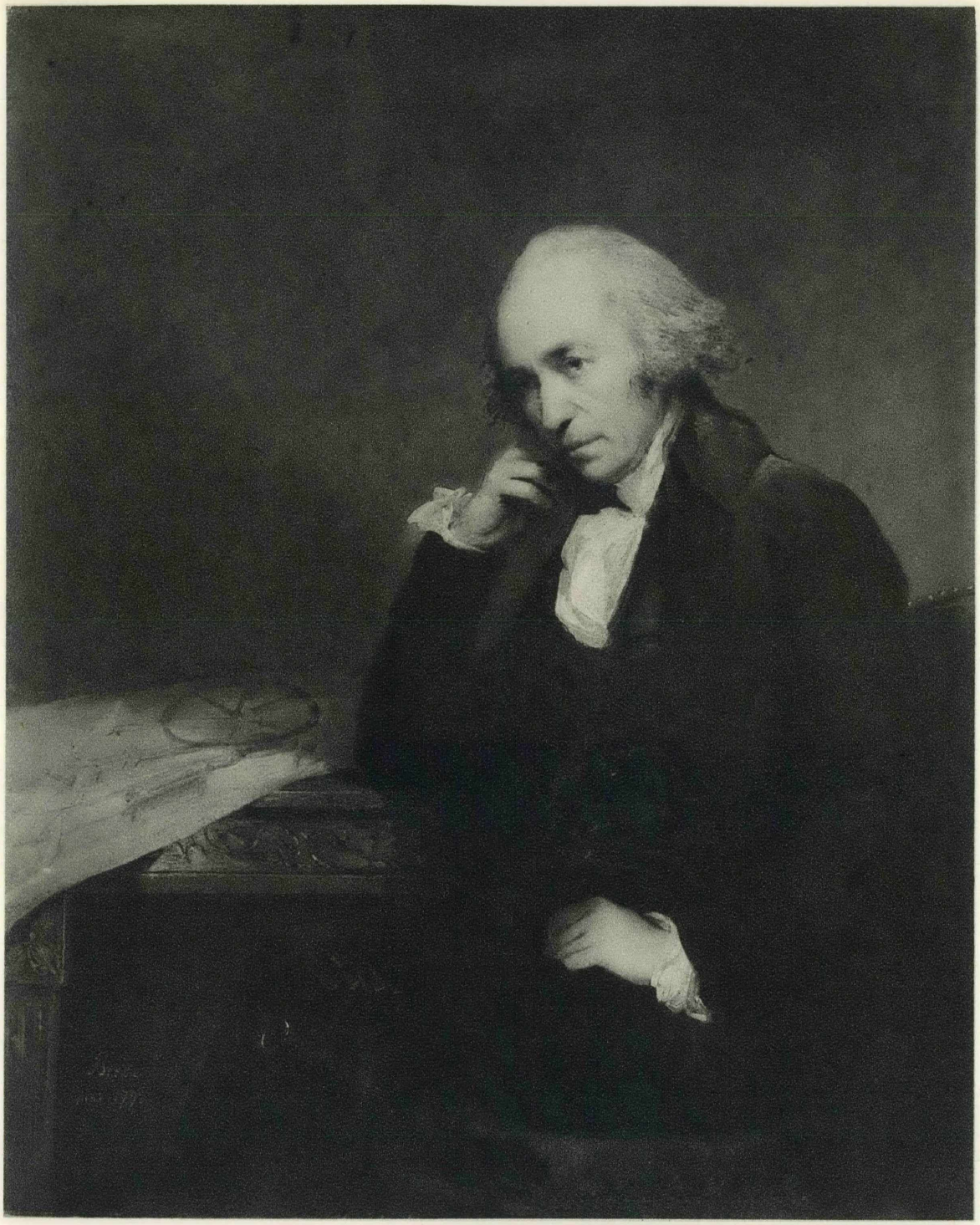
Av detta förstå vi att det ännu vore mycket att säga om James Watts insatser på ångmaskinområdet, förbättringar, fulländningar



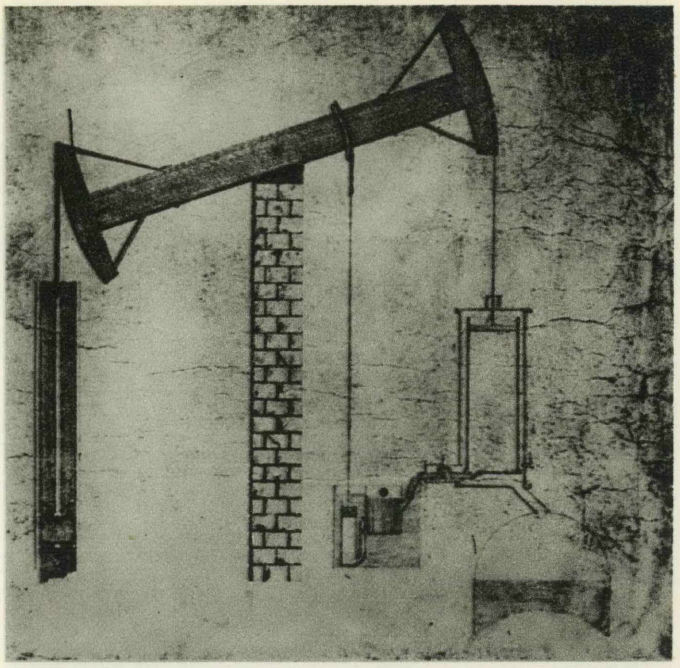
Enkelverkande pumpmaskin med 44-tums cylinder. Ritning av James Watt år 1776.



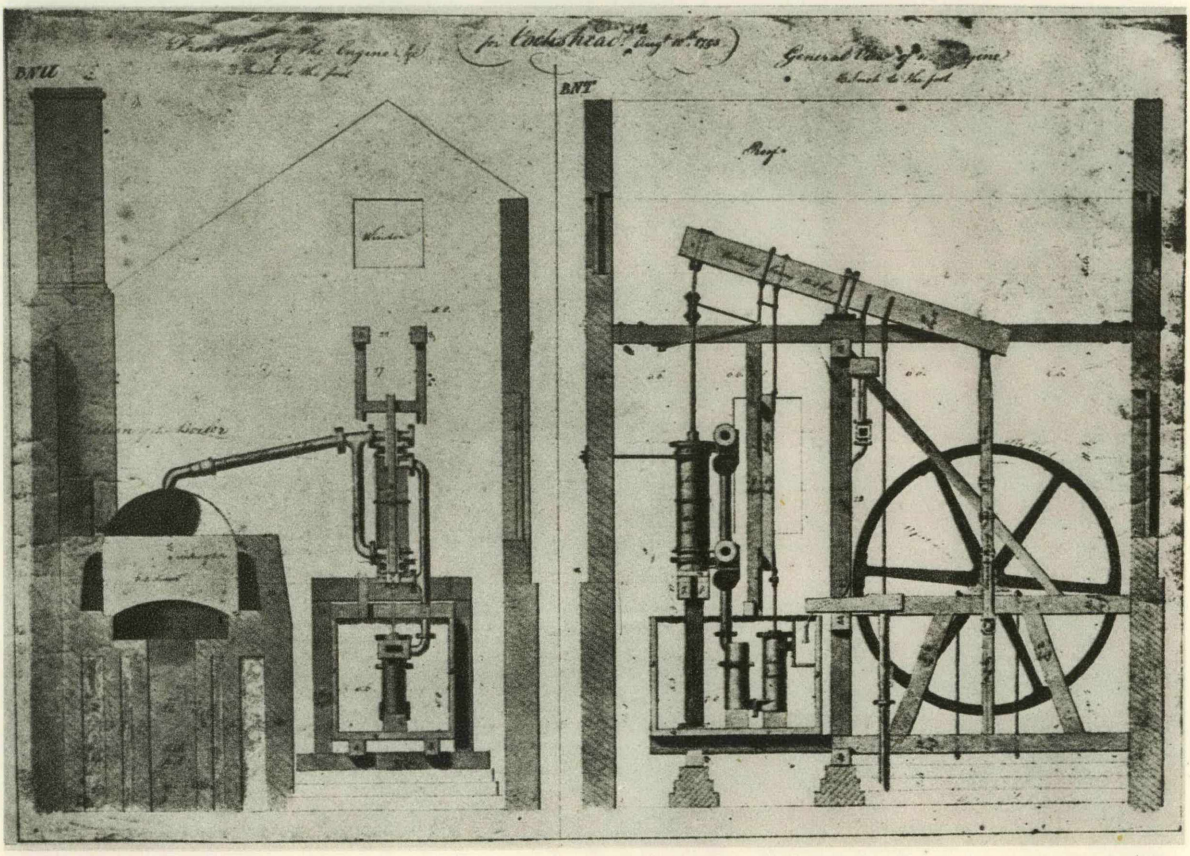
Matthew Boulton, f. 1728, d. 1809. Oljemålning av C. F. von Breda år 1792. Tillhör Direktör Bengt Johansson, Stockholm.



James Watt f. 1736, d. 1819. Oljemålning av C. F. von Breda år 1792. Tillhör Direktör Bengt Johansson, Stockholm



Enkelverkande ångmaskin. Ritning av James Watt framlagd för Parlamentet år 1775.



Ångmaskin för roterande rörelse. Ritning av James Watt, 10. augusti 1793.

och utveckling. Outtröttligt var hans arbete och genialiska voro ofta hans konstruktiva lösningar.

Förutom den dubbelverkande maskinen, parallellogrammen, och användningen av högtrycksångan, klarlade han även expansionens användning och verkan, tvärstycksrörelsen, den roterande överföringen, ytkondensorn och centrifugalregulatorn, som automatiskt reglerade effekten, är även hans uppfinning. Och ett betydande antal andra konstruktioner härstamma från honom. Dessutom utformade han ångmaskinen för en mångfald olika användningsområden.

Allt detta är blott några få ord, vilka dölja en mångfald svårlösta problem, vilka alla genom Watts arbete gåvos en tillfredsställande lösning. Ett jättearbete, vilket vi ej svårligen kunna föreställa oss.

Först år 1785 gav ångmaskinstillverkningen någon ekonomisk vinst. Från den tiden börjar Watt även ägna sig åt att systematiskt ordna resultaten av sin uppfinnareverksamhet. Maskintyper utarbetas, ritningar, beskrivningar och instruktioner iordningställas och beräkningsmetoder utarbetas. För provning av maskinerna hade Watt redan dessförinnan konstruerat varvräknaren, vacuumetern och indikatorn. För beräkningars lättare utförande konstruerade Watt den logaritmiska räknestickan, vilken kom till allmän användning i Soho.

Watts person.

Mot slutet av år 1800 drog sig James Watt tillbaka från den tekniska och industriella verksamheten. Ehuru han sade, att han hellre ställde sig framför en laddad kanon än han avslöt en affär, hade han dock tvungit sig till att utföra sådant arbete, som den tekniska ledningen av ett stort industriföretag fordrade. Men därutöver hade han funnit tid att fortsätta sina studier och forskningar och att ej försumma sin familj. Han var personligen mycket offervillig, och ständigt beredd att ställa sig till allmänhetens tjänst. Sina egna uppfinningar var han alltid benägen att undervärdera. En av hans levnadstecknare säger: »Av hans karaktärsegenskaper och hans övriga andliga egenskaper, som gjorde oavbrutet arbete till ett inre behov för honom, förklaras den märkvärdiga blandning av misstro till egen förmåga och den slutliga framgången, och att med segt arbete fullfölja en en gång inslagen tanke till dess den blivit en gripbar och mogen frukt. I varje fall övervägde den inre forskardriften och plikttroheten motviljan mot affärslivets vedervärdigheter, så att han aldrig lämnade ett en gång påbörjat arbete i sticket.»

Sedan Watt dragit sig tillbaka, sysslade han med olika problem, som intresserade honom. Bland annat återtog han sin ungdoms syssel-

sättning att reparera modeller. För dessa göromål hade han i sin bostad ett litet verkstadsrum. Här fick åldringens fantasi spela fritt i ro för affärer och störande inflytelser. Walter Scott skildrar den vid deras sammanträffande 82-årige uppfinnarens personlighet sålunda: »Denne väldige behärskare av de element, som förkorta rum och tid, denna trollkarl, vars maskiner framtrollat en förändrad värld, vars början, i avseende på dess egenartade verkningar, vi av allt att döma själva uppleva, denne man var ej blott en framstående grundligt lärd, med en den fruktbaraste kombinationsförmåga för nyttiggörande av krafter och användning av talvärden, vilka hänföra sig till praktiska användningar, utan han var även en av de bästa och älskvärdaste människor. Den livlige, vänlige gamle herrn gav varje till honom riktad fråga sin fulla uppmärksamhet och stod en var till tjänst med sina upplysningar.»

Den åldrande forskaren plägade, då han befann sig i ett sällskap, sitta tyst och eftertänksam med huvudet något framåtböjt om han ej direkt tilltalades, men det dröjde aldrig länge, innan han deltog i det allmänna samtalet och lät sig ryckas med av de vuxnas samtal eller barnens joller, behandlande alla med samma älskvärdhet. Utan att väsentligt förändra tonfallet i sin djupa, men mjuka stämma, inblandade han i sina allvarliga, med harmonisk klarhet genomförda samtal, ett visst skämtsamt drag och en torr humor.

19. aug. 1819.

Den 19. aug. 1819 slöt denne fina och älskvärda storman sina ögon för alltid efter ett långt, sällsynt verksamt och arbetsrikt liv. Allt vad han under sitt liv skapat, var frukten av ett djupgående forskningsarbete och självständigt tänkande. För ingeniörerna står James Watt, på grund av den arbetsmetod han tillämpade, såsom den oupphinneliga förebilden. Därför beundra och vörda vi honom framför varje annan.

Men är nu även denna maskinålder, till vars uppkomst James Watt i så eminent grad bidragit, något för människan lyckligt? — Vi veta det ej! Frågan debatteras livligt. Ett veta vi dock. Av de vägar människosläktet *kan* vandra ha vi valt denna. Och detta knappast av fri vilja. En ödesbetonad inre drift har tvingat oss därtill. Även om vi skulle säga oss vilja vandra någon annan väg, komma vi med säkerhet ej att göra det. Tvärtom styra andra raser in på samma väg och följa den västerländska kulturen.

Maskinkulturen.

Det är kulturens välsignelse eller förbannelse, att den nutida människan har otaliga för henne viktiga behov utöver att mätta sin hunger. Och trots ett relativt gott tillfredsställande av dessa behov äro

vi sällan tillfreds. Just denna brist på tillfredsställelse, detta behov av ännu mera, är det, som är drivfjädern till vår materiella utveckling. Den höga levnadsstandard, som flertalet nu njuter, har kunnat åstadkommas tack vare vår maskinkultur. Och denna blev möjlig först på grund av James Watts utvecklingsbara ångmaskin. Produktionen har i viss mån kunnat överföras från människohanden till maskinen, varigenom produktionsvolymen mångfaldigats under samtidig produktionskostnadsminskning. För att bara nämna en enda sak; huru mycket betyder det ej, att varje människa kan bestå sig den hälsosamma lyxen att vara ren och bära hela, sunda och rena kläder.

Men på denna höga materiella kultur måste vi även kunna bygga en högre andlig kultur. Dock, den andliga kulturen visar ej samma utvecklingshastighet som den materiella. Vi måste i stället erkänna, att den andliga och idéella kulturens utveckling stått allt för stilla under årtusenden. De högsta individerna i våra dagar stå knappast högre än de högsta för 2000 à 3000 år sedan.

Ett framsteg ha vi dock att anteckna. Medan fordom sådana högtstående individer voro sällsynta, håller i våra dagar råheten och grymheten på att försvinna, även inom de bredaste folklagren. Stora påfrestningar behövas väl ej för att de åter skola träda i dagen. Men det är ett stort framsteg, att de ej visa sig under vanliga förhållanden. Kvantitativt sett uppbär vår materiella kultur en idéell kultur av vida större mått än den som förefanns för några tusen eller hundra år sedan. Kvalitativt sett är det tveksamt, huruvida några framsteg kunna skönjas. James Watt ägnade sitt liv och sina krafter åt ångmaskinen och skänkte oss ett väldigt verktyg för vår materiella kulturs utveckling. Därför måste vi beundra honom, men har hans gåva varit lycklig för vårt släkte? Kunna vi även vara honom tacksamma?

Goethe har sagt att »världens yttersta ändamål synes vara att skapa underlag för andens tillväxt».

Om vi därför kunna använda och förvalta Watts gåva, så att vi på den materiella kulturen verkligen bygga upp en högre andlig kultur, då har hans verk varit till lycka för mänskligheten. Då få vi böja oss i tacksamhet även inför denne människoson.

Litteratur.

Av använda källor må nämnas:

H. Diels, Antike Technik, Leipzig 1920.
H. W. Dickinson & Rhys Jenkins, James Watt and the steam engine, Oxford 1927.
C. Matschoss, Die Entwicklung der Dampfmaschine, Berlin 1908.
Ur de två sistnämnda böckerna ha illustrationerna hämtats där ej annat angives.