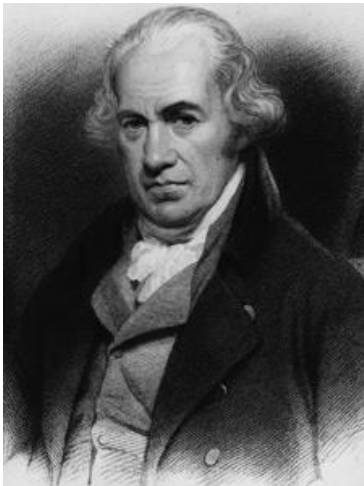


James Watt

2019 was een bijzonder jaar. Het was toen 250 jaar geleden dat James Watt de stoommachine van Newcomen sterk verbeterde, 200 jaar geleden dat hij overleed en 150 jaar geleden dat het gemaal de Vier Noorder Koggen in werking werd gesteld. Wie was die man? Op elk schilderij kijkt hij nors maar toch was hij een gewilde gesprekspartner, die altijd zijn horizon wilde verbreden. Voor zijn vrienden was hij sympathiek, vol droge humor en zijn vriendschappen waren langdurig. Hij was een genie maar absoluut geen zakenman.



jonge James

James werd geboren op 19 januari 1736 in Greenock, aan de monding van de rivier de Clyde. Hij was het middelste kind van vader James Watt en moeder Agnes Muirhead. Van de vijf kinderen werden alleen James jr. en zijn jongere broer John volwassen. John verdrong later op zee, 24 jaar oud.

James had een zwakke gezondheid en was daarom misschien altijd een vrij stil iemand. Zijn hele leven lang was hij bescheiden, verlegen, voorzichtig en schrikachtig. Zijn moeder gaf hem thuis onderwijs en daarna ging James naar een lyceum waar hij Latijn en Grieks leerde. Hij had het niet naar zijn zin en zijn klasgenoten vonden hem een beetje suf. Bovendien werd hij vaak geplaagd door hevige hoofdpijn. Wiskunde vond hij echter wel erg interessant en voor het eerst viel nu zijn intelligentie op.

Na schooltijd was hij altijd in de werkplaats van zijn vader te vinden, die scheepstimmerman, scheepsbevoorradder, scheepsbouwer, reder en koopman was. De winkel van zijn vader was een wonderland voor de kleine James: gereedschappen, scheepsonderdelen, kwadranten, telescopen en andere optische instrumenten. Hier ontwikkelde hij de liefde voor handwerk. Hij kreeg zelfs een eigen plekje met gereedschap en een kleine smidse. Hij mocht maken wat hij wilde.

In zo'n omgeving zou het aannemelijk zijn geweest dat James op tafel de waterketel zag dampen en toen het idee kreeg van de stoommachine. Helaas is dat een mythe. Hij had toen zelfs nog nooit van de stoommachine gehoord.



WATT'S FIRST EXPERIMENT.

In de schoolvakanties ging hij vaak naar oom Muirhead in het nabij gelegen Glasgow. Van hem leerde hij het een en ander over scheikunde. Heel leerzaam, zou later blijken. Intussen gleed zijn jeugd voorbij met dromen, denken en dingen maken. En dat op een leeftijd dat de meeste kinderen van veertien al een leerplek als gezelschap hadden om een vak te leren maar James was daarvoor te zwak.

Zijn vader stuurde hem daarom naar Glasgow om het beroep van wiskundig instrumentmaker te leren maar er was daar niemand te vinden die hem dat kon leren.

Via zijn neef kwam hij op het "College" terecht, de universiteit. Daar ontmoette hij verschillende mensen die zijn leven voorgoed zouden beïnvloeden, waaronder Robert Dick en Joseph Black. De omgang met deze instrumenten viel Dick op en adviseerde hem om in Londen het vak van wiskundig instrumentmaker te leren. Daarna reed James te paard (!) 750 km naar Londen. Hij was voor het Londense instrumentmakersgilde echter een vreemdeling, twintig jaar oud en zelfs nog nooit gezelschap geweest. John Morgan ontfermde zich over James. Die bood ook kost en inwoning. James werkte 10 uur per dag en leerde vooral door te doen en daarin werd hij heel bedreven. Hij kwam weinig buiten omdat jongens van zijn leeftijd het gevaar liepen geronseld te worden voor werk op de overzeese plantages.

Zijn zelf vervaardigde kwadrant voor de astronoom Hadley toonde duidelijk zijn vakmanschap.

In juni 1756 keerde hij weer terug naar Greenock en was er van overtuigd dat hij nu zelf als gezelschap zijn brood kon verdienen.

stoom

Vrij snel was James weer op het College te vinden. Hij bofte, want er waren net nieuwe sterrenkundige instrumenten uit Jamaica aangekomen die waren aangetast door de zoute lucht. Hij knapte ze op, gade geslagen door de bij hem binnenlopende geleerden, waaronder Dr. Adam Smith, schrijver van het beroemde "*The Wealth of Nations*". Smith werd zelfs een van zijn vrienden.

James kreeg een ruimte op het College om instrumenten te maken en te repareren. Later opende hij zelfs een zaak in de stad, waar hij muziekinstrumenten bouwde en repareerde. Het jaar 1764 betekende een kantelpunt in zijn leven. Hij trouwde in juli met zijn nicht Margaret Miller en maakte kennis met de stoommachine van Newcomen.



Voor wie het nog niet weet: Het ging om een atmosferische machine. De luchtdruk deed het werk. Stoom werd toegelaten onder de zuiger. Daarna werd er een vacuüm gecreëerd door koud water in de hete stoom te spuiten. Het was de atmosferische druk die de zuiger naar beneden drukte, aangezien de cilinder van boven open was. Het model deed niet wat het moest doen. Na een paar slagen was het al afgelopen. Het viel James op dat de machine erg veel stoom gebruikte en hij ontdekte al snel waarom. Door het inspuiten van

koud water koelde de cilinder steeds af. Daarom moest die eerst weer op temperatuur komen, omdat driekwart van de warmte verloren was gegaan. Pas dan kon er weer een slag gemaakt worden. Het te kleine stoomketeltje van het model kon dat niet aan. We moeten hierbij wel bedenken dat James Watt nog nooit een stoommachine had gezien in zijn al 28-jarig leven. Vanaf dat moment werd hij totaal gegrepen door de machine en probeerde een oplossing te vinden. Hij verslond daarbij alles wat hij in de bibliotheek van het College over stoom kon vinden.

Dickinson & Jenkins schrijven hierover in hun gedenkboek uit 1919:

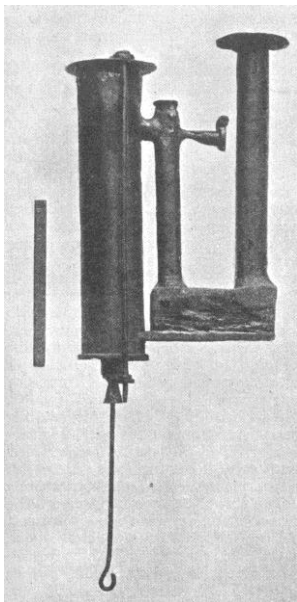
“Uit de vaststelling van constanten als het volume van stoom bij atmosferische druk uit een gegeven hoeveelheid water, de warmte die nodig is om het te verdampen en de hoeveelheid koud water die nodig is om de stoom te condenseren ontwikkelde hij zijn vaardigheden bij experimenten omdat er nog maar weinig gegevens bekend waren”.

James Watt had veel aan de ontdekking van zijn vriend Joseph Black: *latente warmte*. Black gaf aan dat lichamen die hun natuurkundige status veranderen (ijs dat verandert in water op het vriespunt, of water dat in stoom verandert) een hoeveelheid warmte afgeven of absorberen zonder dat dit waarneembaar is. Vandaar het woord “latent”.

Hij concludeerde dat het model van de Newcomen machine latente warmte verloor.

de condensor

Tijdens een wandeling kreeg Watt een briljant idee. Hij beschouwde stoom als een elastisch iets, dat snel naar een vacuüm zou stromen. Als hij een verbinding zou maken tussen de cilinder en een gekoeld vat, zou de stoom daarin stromen en daar condenseren zonder de cilinder af te koelen -de condensor!



Om de kracht van de afgekoelde stoom te meten bouwde hij een klein experimenteel model met een omgekeerde cilinder, diameter 3,5 cm en een slag van 19 cm. Hij kon hiermee een maximaal gewicht van 6,3 kg optillen. Het ging er vooral om of de stoom wel snel genoeg afkoelde. De U-vormige buizen op de foto vormen de condensor.

Die condensor was de grootste verbetering aan de stoommachine. Maar tussen theorie en praktijk was nog een lange weg te gaan. Hij wist eigenlijk nog niets van atmosferische machines en hun constructie. Bovendien moest hij veel zaken proefondervindelijk uitzoeken. Naast de oorspronkelijke condensor, een vat in koud water, bouwde hij ook oppervlakte condensors (met buisjes en platen) en later injectie condensors. Inmiddels liepen zijn zaken in Glasgow terug, vanwege de concurrentie.

de Kinneil machine

Joseph Black vond het belangrijk dat Watt zijn ideeën verder ontwikkelde en leende hem geld. Maar er was meer nodig. Hulp kwam van John Roebuck, een uitvinder en industrieel die een sterke machine zocht voor het wegpompen van water uit zijn steenkool mijnen. Hij werd de nieuwe geldschieter van Watt. Vanaf 1765 zette Roebuck lichte druk op hem om toch snel met een machine te komen. Dat werd er een die beduidend groter was dan zijn proefmodellen, met een cilinder diameter van 20 cm en een slag van 152 cm. Wegens geheimhouding i.v.m. industriële spionage werd de machine op het terrein van Roebuck's *Kinneil House* in Bo'ness (Schotland) gebouwd. Vandaar de naam van deze eerste grotere machine. Zijn werkplaats werd “James Watt's Cottage” genoemd.

Omdat de experimenten niet betaald werden, moest Watt een baan nemen en dat werd een functie als landmeter en ingenieur bij de aanleg van kanalen. Ver van zijn huis kon hij wel nadenken over de stoommachine, maar er niet aan werken. Die stap verraadt dat Watt altijd angst had dat hij op zekere dag zijn gezin niet meer zou kunnen onderhouden.

Met Roebuck werd afgesproken dat Watt voor 2/3 partner zou worden in de onderneming. Roebuck nam ook de schulden van hem over. De baan van Watt zorgde er echter voor dat het werk aan de machine vaak stil lag. Tussen de uitvinding van de condensor en zijn komst naar Soho liggen negen jaren en daarvan werkte hij slechts van 1765-66 en van 1768-70 aan de machines en dan nog met tussenpozen, tot afgrijzen van Roebuck. Maar Watt wilde een perfecte machine afleveren, met minder nam hij geen genoegen.

Naast de theorie waren er ook veel praktische problemen, zoals het zuiver rond maken van cilinder en zuiger. De beste precisie bij een zuiger was in 1776 “binnen de dikte van een oude shilling”.

En welk materiaal was het meest geschikt als zuiger afdichting? Hij probeerde o.a. wol, paardenmest (!) en dik karton. Dat laatste bleek onverwacht slijtvast. Later werd *oakum* gebruikt, een mengsel van uitgeplozen touw en teer. Pakkingen leverden weer andere problemen op. Een van de beste materialen daarvoor bleek een combinatie van touw en verhitte talg. Het was dus echt pionieren voor James Watt.

Matthew Boulton, die later een grote rol in het leven van James Watt gaat spelen, raakte inmiddels ook al hevig geïnteresseerd in een “vuurmachine”. Boulton werd door Roebuck gevraagd als partner bij het bouwen van een stoommachine, maar de eerste had te weinig ruimte in zijn toenmalige fabriek. Dat veranderde toen Boulton de *Soho Manufactory* bij Birmingham oprichtte, waar medailles, munten en gespen in massa vervaardigd werden. (zie foto maquette).

Dit was een *Annex*, een aantal bedrijven met Boulton als partner; bijvoorbeeld Boulton & Fothergill voor de “toys”, ofwel sierknopen en -gespen en Boulton & Watt (B&W) voor de stoommachines.

Het was een voor die tijd groot complex, met aanvankelijk 500 werknemers, later zelfs 1000.

Het werd langzamerhand tijd om een patent aan te vragen. Roebuck wilde die aanvraag betalen en Watt gaat eind 1768 naar Londen om het patent aan te vragen. Hij houdt het hierin op een globale beschrijving en geeft daarbij geen tekeningen, iets wat later tot rechtszaken zal leiden. Op 5 januari 1769 wordt het patent op de machine met condensor verleend.

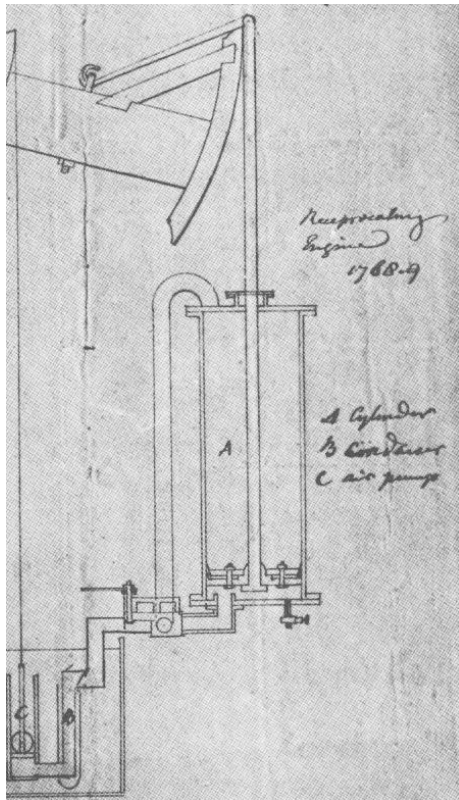


Uit de tekeningen die Watt voor de patentaanvraag heeft gemaakt blijkt dat hij op dat moment al veel verder is dan een Newcomen machine met condensor. De cilinder is van boven gesloten en de zuigerstang loopt nu door een pakking. Er is ook een “evenwichtsbuis” aanwezig.

Het werkt zo:

De zuiger gaat door het gewicht van de pompen en bijbehorende stangen aan de andere zijde van de balans altijd omhoog. Dat is ook de uitgangspositie als de machine wordt gestart. De verse stoom, onder lage druk, zal de zuiger iets naar beneden drukken. Dan wordt de evenwichtsklep geopend. De zuiger gaat door het gewicht van de pompstangen omhoog en via de evenwichtsbuis wordt de gebruikte stoom van boven de zuiger naar de ruimte onder de zuiger gedrukt. Dan wordt de evenwichtsklep gesloten en de stoomtoevoer- en afvoerklap gaan open. Daardoor kan de gebruikte stoom naar de condensor stromen en er ontstaat een vacuüm onder de zuiger. Dat vacuüm doet eigenlijk het belangrijkste werk.

Vervolgens wordt er opnieuw verse stoom toegevoerd boven de zuiger. De eerder gebruikte stoom stroomt weer via de evenwichtsbuis naar de condensor en zorgt wederom voor het vacuüm. Dit wordt telkens herhaald. Bij deze machine gebruikt Watt dus voor een klein deel de druk van de stoom, maar het meeste werk wordt geleverd door het vacuüm onder de zuiger. De voornaamste reden van Watt om stoom eerst boven de zuiger toe te laten was het opwarmen van de cilinder.



Dit lijkt wel iets op de *Cornish Engine*, waarbij onder de hogere stoomdruk de zuiger wel naar beneden wordt gedrukt en bovendien is dat al een *expansiemachine*, waarbij de ruimte boven de zuiger voor de helft met stoom werd gevuld.

Watt had al nagedacht over machines met een roterende beweging. Dat was ook bij Boulton bekend, die wist dat sommige fabrikanten grote belangstelling voor een dergelijke machine hadden. Daarom nodigde hij Watt uit om zijn machines in Soho te komen bouwen. Maar het stoomgebeuren leverde Watt nog niets op, dus hij ging door met zijn werk aan de kanalen.

In 1772 gaat John Roebuck failliet als gevolg van een recessie en Matthew Boulton neemt zijn schulden over. Tegelijkertijd komt het werk aan de kanalen stil te liggen en tot overmaat van ramp komt zijn vrouw, die hem altijd steunde in zijn werk, te overlijden.

verlenging van het patent

Watt verhuisde in mei 1774 naar Birmingham. Boulton betaalde in 1775 de verlenging van het patent uit 1769. De verlenging werd verleend door een wet van het parlement en liep tot de zomer van 1800, dus tot zo lang kon niemand de condensor gebruiken, want er werden geen licenties verleend. Dit was meteen het begin van het partnerschap tussen B&W, die heel goed met elkaar konden opschieten en elkaar ook aanvulden. Boulton was een zakenman die nogal eens gedurfde stappen nam en Watt was erg voorzichtig.

De Soho *Manufactory* draaide op een waterrad, maar in sommige seizoenen was er te weinig water. Het was rond Birmingham gebruikelijk om dan een pomp in te zetten om het gebruikte water op te pompen en weer aan het waterrad toe te voegen. Zo werd de wateraandrijving wat krachtiger. Die pomp werd aangedreven door de Kinneil machine, die eerst herbouwd werd. In 1777 werd er een tweede machine op Soho gebouwd. Dit werd "Old Bess" die tot 1848 heeft gewerkt en nu in het Londense Science Museum staat. (zie foto)

De productie van stoommachines begon goed te lopen, maar al het werk werd uitbesteed. Watt leverde de berekeningen en tekeningen en de bij verschillende bedrijven vervaardigde onderdelen werden rechtstreeks naar de bouwplaats gebracht waar een capabele "machine oprichter" toezicht hield. Deze werkwijze was toen heel modern en speelde goed in op wisselende omstandigheden. Watt, Boulton en William Murdoch - een vaak vergeten belangrijke medewerker van B&W- waren de eerste machineoprichters. Voor Boulton werd de stoommachine al snel het meest belangrijke product van zijn fabriek. Inmiddels was Watt in 1776 getrouwd met Anne McGregor, dochter van een stoffenverver uit Glasgow.



De orders stroomden binnen. B&W plaatsten de eerste machine in Londen en daarna in 1776 in Cornwall, het hol van de leeuw. In de geboortestreek van de stoommachine waren veel machinebouwers actief, waaronder de bekende familie Hornblower. Tot 1801 heeft B&W 83 machines aan de mijnen in Cornwall geleverd; 52 enkelwerkende 18 dubbelwerkende, 8 draaiende dubbelwerkende en één draaiende enkelwerkende. Van vier machines zijn die gegevens niet beschikbaar

B&W lieten niet toe dat iemand een machine met een condensor in licentie bouwde. Omdat ze in feite de productie uit handen gaven moesten ze op een speciale manier geld verdienen aan de machines. Aanvankelijk betaalde de klant aan de hand van de bespaarde kosten. Men ging ervan uit dat je vergeleken bij de Newcomen machine driemaal zuiniger kon werken. B&W vroegen daarom 1/3 van de uitgespaarde kosten. Dit was een lastig systeem en veroorzaakte vaak conflicten. Daarom ging men al snel over tot een betaling aan de hand van de zuigerdiameter. Maar niet elke machine stond dag in, dag uit te draaien. Watt ontwierp toen een slagenteller, die aan de balans werd gemonteerd. Een slinger in het gesloten kastje registreerde elke slag.

In 1777 verscheen William Murdoch op het toneel. Hij wilde bij B&W komen werken, maar Boulton had eigenlijk niemand nodig. Maar tijdens het gesprek met Boulton speelde hij met zijn hoed. Die bleek van hout te zijn gemaakt: "Ik heb hem op een zelfgemaakte draaibank gemaakt". Dit maakte indruk op Boulton en Murdoch werd aangenomen.

Tussen alle stoomwerkzaamheden door bedacht Watt voor de *Delftfield Pottery* een betere manier of aardewerk te bakken. Ook ontwierp hij een briefkopieermachine met een walsje en speciale inkt. Hiermee kon hij binnen 24 uur na het schrijven brieven kopiëren. Dat scheelde hem zelf in elk geval veel werk, maar er werd wel in 1780 patent op aangevraagd. Die kopieermachines zijn nog een eeuw lang gebruikt...

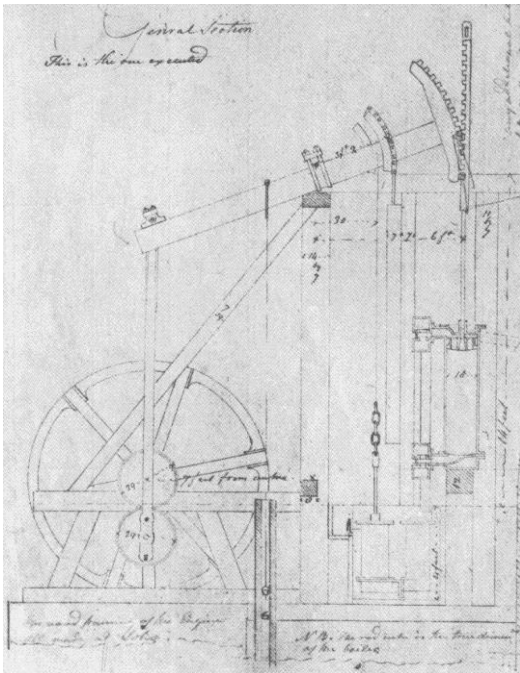
Watt was waarschijnlijk ook de eerste ingenieur die een rekenliniaal gebruikte bij zijn berekeningen.

draaiende machines

Intussen werd de vraag naar een roterende machine groter en tegelijkertijd begonnen de orders in Cornwall terug te lopen. Haast was nu geboden en Watt begon nu na te denken over het verkrijgen van die roterende beweging. Voor kleine vermogens bedacht hij het

“*Steamwheel*”. Dat was een gecompliceerd geval. Het bestond uit een ringvormige kamer met een diameter van 7 m, die door éénrichtingskleppen in drie compartimenten was verdeeld. Het wiel draaide om een holle as met poorten, van waaruit stoom werd toegevoerd. Het onderste gedeelte was met kwik gevuld en vormde een vloeibare zuiger. Het kwik werd als het ware in de ring rondgepompt en aangezien de zwaartekracht het kwik weer naar onderen trok zorgde dat voor de draaiende beweging. Het vermogen was niet groot.

Watt keerde terug naar de “echte” stoommachine en ontwierp een compoundmachine die uit twee afzonderlijke cilinders bestond. Dit werd “double engine” genoemd. Watt stuurde de details vanuit Cornwall naar Soho. Boulton bouwde de machine zo, dat die zowel als



compound als twee aparte machines gebruikt kon worden.

Na 1783 werkt Watt aan de dubbelwerkende machine. Ook dit wordt “double engine” genoemd. Nu moet die machine een draaiende beweging gaan leveren. Het probleem is, dat de zuiger van de enkelwerkende machine aan een ketting trekt, maar de dubbelwerkende machine duwt de balans ook. En dat gaat niet met een ketting. Het is dus noodzakelijk een zuigerstang te gebruiken. Watt probeert het met een tandheugel op de zuigerstang en een vertanding op de ronde sector van de balans (waar bij een Newcomen de ketting loopt). Dat voldoet, maar maakt veel herrie.

Daarna was omzetting van de beweging van de balans naar een draaiende beweging aan de beurt. Een kruk? Nee, James Pickard had er patent op gekregen -ongelooflijk, want de Romeinen kenden die al. Watt wilde het patent omzeilen, en in juli 1781 had hij vijf oplossingen,

een daarvan zelfs met een *swash plate* (tuimelschijf), een ingewikkelde, maar mooie overbrenging.

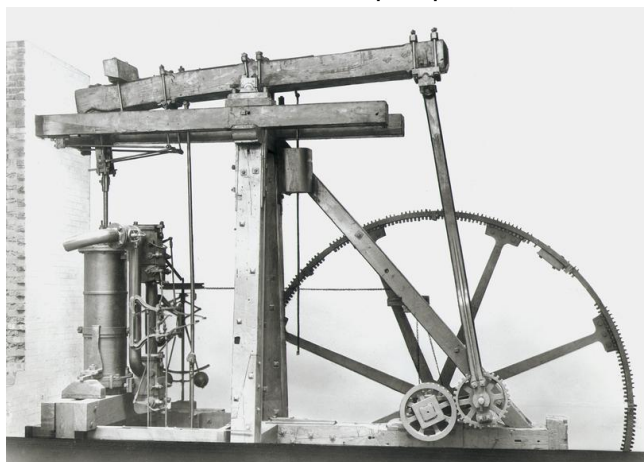
Uiteindelijk werd het de overbrenging via een planetair tandwielstelsel. Hierbij draaide het vliegwiel tweemaal zo snel als de drijfstang.

Op de dubbelwerkende machine werd in maart 1782 een patent verleend. De eerste machine werd in 1783 geplaatst bij John Wilkinson. Watt zag zelf niet de potentie van de roterende machine en hunkerde naar het bouwen van enkelwerkende pompmachines.

Boulton keek verder en dacht terecht dat de mogelijkheden van de roterende machines onbegrensd waren...

Watt wilde af van de tandheugel, maar als de verticale zuigerstang met de balans verbonden wordt, maakt die een slingerende beweging. Uiteindelijk bedacht hij in 1784 de *parallele beweging*. Van alles wat hij had bedacht, was hij het meest tevreden met die oplossing. In 1784 vraagt hij patent aan op deze beweging en in feite is zijn machine dan echt af.

Terecht vormt dit een mijlpaal in de geschiedenis van de stoommachines.



Omdat Boulton vaak schulden maakte om uit te breiden kon hij James Watt niet zoveel betalen, slechts een jaarsalaris van £ 330,-. In het jaar 1784 was hij vrij van schulden en vanaf 1785 deelde Watt in de winst. Het ging hem steeds beter en hij werd zelfs een welgesteld man.

In 1789 ging hij voor het eerst in zijn leven met zijn gezin op vakantie. De Watts lieten ook een landhuis bouwen, *Heathfield*. Daar was op de zolder genoeg ruimte voor de



experimenten van Watt.

De stoommachine maakte daar nauwelijks deel van uit. Naast kopieermachines voor borstbeelden en medaillons vond hij een flexibele leiding uit met kogelscharnieren, deed proeven op het gebied van de sterkte van diverse materialen was bezig met proeven op het gebied van keramiek en chemie (hij vond o.a. een goedkopere manier om katoen te bleken)

De zolder werd beroemd als "James Watt's Workshop".

Na in 105 jaar nauwelijks aangeraakt te zijn geweest werd de hele inventaris kort voor de sloop van Heathfield in 1924

naar het Londense Science Museum overgebracht, waar de workshop nog steeds te zien is. Er kwam veel vraag naar de nieuwe machines. Vanaf 1795 nam James Watt langzamerhand afscheid van zijn werk en besteedde meer tijd aan zijn andere onderzoek. De jongere generatie moet het overnemen. James Watt jr. (uit Watt's eerste huwelijk) en Matthew Robinson Boulton nemen steeds meer taken waar. Beide juniors lijken veel op hun vaders en kunnen ook uitstekend met elkaar opschieten. William Murdoch wordt partner en zorgt er mede voor dat de firma B&W welvarend wordt.

"lunatics"

James Watt heeft altijd een grote honger naar kennis gehad. Hij maakte ook snel deel uit van het in 1765 door Erasmus Darwin (de grootvader van de beroemde Charles...) opgerichte genootschap de "Lunar Society of Birmingham", door hem schertsend de "Lunatics" genoemd. Op elke maandag die het dichtst bij volle maan lag kwam men bijeen om met elkaar van gedachten te wisselen. De bijeenkomsten vonden vaak plaats in het huis van Matthew Boulton, dat naast Soho lag. Andere deelnemers waren bijvoorbeeld Joseph Priestley, Josiah Wedgwood, William Small, Joseph Black en William Herschell. De Amerikaanse "Founding Father" Benjamin Franklin kwam geregeld langs -als afgevaardigde van Pennsylvania- en er was veel schriftelijk contact met de Franse scheikundige Antoine Lavoisier. Niet de geringsten op het gebied van de wetenschap. En we moeten hierbij niet vergeten dat de 18^e eeuw compleet binnen de stroming van de "Verlichting" valt. Weg met de dogma's. Alleen de rede telt, men gaat af op de feiten. In Groot-Brittannië vertaalt zich dit in het *empirisme*, ervaring die wordt opgedaan middels proeven. Ook de leden van de Lunar Society doen veel proeven op het gebied van elektriciteit, chemie sterrenkunde en natuurkunde en delen hun ervaringen.

erfenis

James Watt heeft de stoommachine niet uitgevonden. Die eer gaat terecht naar Thomas Newcomen en in mindere mate ook naar Denis Papin en Thomas Savery, die als eersten zowel met vacuüm als met druk werkten. Maar Watt heeft meer aan de ontwikkeling van de

stoommachine bijgedragen dan welke uitvinder ook. Uiteraard is zijn vriend en compangnon Matthew Boulton hierbij ook heel belangrijk geweest.

En ja, B&W hebben de ontwikkeling van de stoommachine vanwege hun patenten ook 25 jaar opgehouden maar na 1800 kan iedereen vrijelijk voortborduren op het werk van James Watt en zien we heel snel een veelvoud aan nieuwe machines ontstaan.

Watt ontwikkelde het concept "paardenkracht" om vermogens te vergelijken en schreef handleidingen om rookloos en zuinig te stoken. Toen al begon het bij hem te dagen dat de natuur schade opliep door de ongebreidelde groei van het aantal stoommachines.

De alom gerespecteerde uitvinder James Watt staat blijvend in het collectief geheugen gegrift. Om zijn werk te eren is de SI-eenheid van vermogen naar hem genoemd.

Al tijdens zijn leven werd Watt veelvuldig geëerd.

Hij overleed op 25 augustus 1819, in zijn 84^e levensjaar. De begrafenis was eenvoudig, geheel naar zijn wens.

Hans Walrecht



[standbeeld van Boulton, Watt en Murdoch op Broadstreet, Birmingham]