

Watt és Boultonnak a szabadalma 1800-ban járt le. Ezután bárki állíthatott gyárat gőzgép készítésére. Alakult is sok gyár, de jó időbe került, míg ezek a tökéletesség olyan fokára emelkedtek, amilyenek a Boulton gyára volt. Mindegyik a maga kárán tanult s eleinte sokkal gyatrább gépeket szerkesztettek, mint a Boultonéi voltak. De ez a közös, mondhatni általánossá vált munka később mégis nagy eredményekhez vezetett. Egyfelől arra irányult a törekvés, hogy a Watt-féle gépet kevesebb anyagból, finomabban, pontosabban működő részekkel állítsák elő; másfelől meg arra, hogy a már részben Watt által kimondott, részben a haladó hőtani tanulmányok felvetette eszméket, elveket, amennyiben eddig kellőképpen kifejezésre nem jutottak a gépkonstrukciókban, alkalmazzák.

Ezt a kettős irányú haladást már nem követjük nyomról-nyomra, szigorú történeti menetben, mert hiszen egy-egy sikeres újítás sok-sok részlet-ismeret összegeződése folytán állhatott elő. Megelégszünk csak az eredmények felsorolásával.

A feladat általában ez volt: olyan gépeket szerkeszteni, amelyek lehető kevés szénfogyasztással lehető sok munkát végeznek. Kevés szénfogyasztás akkor van, ha a felhasznált szén jól ég el és ha az égés melege lehető teljes mértékben a víz melegítésére, forralására fordítódik. Sok munkát meg akkor nyerünk, ha a gép maga, a dugattyúhenger, a vele kapcsolatos részek és a mozgás-áttelek lehető tökéletesen vannak szerkesztve. A tanulmány, a javítgatás körébe tehát minden géprészt be kellett vonni. Lássuk ezeket rendre.

A szén akkor ég el jól, ha jó tüzhely van készítve, a kémény vagy kürtő kellőképpen van dimenzionálva és ha a tüzelést hozzáértő ember végzi. Pl. egy kg jó köszén átlag 80 % C-t és 4 % H-t tartalmaz, a többi 16 % hamu és nedvesség. Az égéskor a C CO-vá, vagy CO₂-vé alakulhat. Jobb, ha CO₂-vé alakul, mert a CO még CO₂-vé éghet, tehát a CO-vá való égés nem szabadítja fel az összes meleg-energiát. A H H₂O-vá ég. A CO₂ és H₂O égéstermékek akkor állhatnak elő lehető teljesen, ha a szén az égéskor kellő mennyiségű levegőt kap. Tegyük fel pl., hogy egy kazánban óránként 10 kg. szénnek kell elégni. Ebben a 10 kg. szénben van 8 kg. C és 0,8 kg H. Tudjuk, hogy 12 kg. C 2 · 16 kg. = 32 kg. O-val ég CO₂-vé és 2 kg. H 16 kg. O-val H₂O-vá. Azért a jelen esetben 8 kg. C hez 21 $\frac{1}{3}$ kg. O, a 0,4 kg. H-hoz 3,2 kg. O kell, vagyis összesen 24,53 kg. O. Mivel 100 súlyrész levegőben körülbelül 21 súlyrész O van, a 24,53 kg. O 117 kg. vagy körülbelül 90 – 95 m³ levegőből nyerhető. A valóságban nem lehet arra számítani, hogy a levegő minden O-je vegyületbe lép, úgy, hogy a számított értéknek körülbelül 1,5-szeresére van szükség, azaz a mi esetünkben 135 – 140 m³-re. Hogy ennyi, vagy ehhez közelálló levegőfogyasztással mehesse végbe az égés, előre kiszámított méretekkel rendelkező kürtőt vagy kéményt kell készíteni és gyakorlott, hozzáértő fűtőt kell alkalmazni. Ha a fűtő hibájából az égés sokkal több vagy kevesebb levegőfogyasztással megy végbe, az égés nem lesz tökéletes és azért sok hőenergia kárba vész.

Tegyük fel, hogy a fűtéssel a dolog rendben van. Már most arra van szükség, hogy az égés melege lehető teljes mértékben fordítódjék a kazán vize melegítésére. Ez akkor történhetik meg, ha a kazánfűtő felülete nagy, vagyis ha az izzó parázs sugárzó heve nagy felületen éri a kazánt és ha a magas hőmérsékletű égéstermékek a kürtőbejutás előtt hosszú úton érintkeznek a kazánnal, hogy melegüket a kazánnak adhassák le és ne vigyék el a kürtőn. Ez a kíváncsi a Watt kazánja alakját (9. ábra), amelynek keresztmetszete olyanszerű volt, mint az utazó-ládáé, lassan átalakította. Előbb hengeralakú kazánt készítettek; ez rosszabb volt a Watténál; azután a henger belsejében végig vezettek egy csövet s az égéstermékek csak e csövön való áthaladás után juthattak kürtőbe. Majd két csövet alkalmaztak s végre a csövek egész rendszerét. Tapasztalták továbbá, hogy a kazán falát a vízben oldva levő ásványi alkotórészek ú. n. kazánkövel vonják be, amely rossz melegvezető. Már 1 milliméter vastagság kazánkő is 5 %-kal emeli a szénfogyasztást. Módotokat gondoltak ki tehát arra is, hogy a vizet ezen ásványi alkotórészekről megszabadítsák.

Tapasztalati tény, hogy ha a tüzhely a kazán összeállítása az elmondottakra tekintettel történik és a legügyesebb fűtő alkalmaztatik, akkor is elvész az égésmelegnek 25 – 50 %-a.

Hogy már most a gőz képződését létesítő melegnek lehető legnagyobb részét visszanyerhessük munka alakjában, kell, hogy a gőz melegvesztesség nélkül jusson a hengerbe, a dugattyúnak lehető sok munkát adjon le s azt e dugattyúval kapcsolatos részek kevés veszteséggel továbbítsák.

Minthogy a gőz munkája annál nagyobb, mennél nagyobb feszítő erővel mozgatja a dugattyút, első gondolat az volt, hogy a feszítő erőt kell fokozni. Egy 1 kg. 0°-ú víznek pl. 100°-ra melegítésére 100 kg. calória meleg kell. E víznek 100°-ú gőzzé alakítására 536 caloria. Egy kg. 0°-ú víznek tehát 1 atmoszféra nyomású 100°-ú telített gőzzé alakítására 636 caloria meleg kell. Ezentúl kevés meleg hozzávezetés is nagy változást csinál. Pl. 25 caloria melegtöbblet a gőz hőmérsékét 179°-ra, nyomását 10 atmoszférára emeli. Vagyis a melegbevezetést körülbelül 4 %-nyival folytatva, a hőmérséklet emelkedése mellett a gőz nyomása megtízszereződik. Ennek a könnyen előállítható, nagy feszítő erejű gőznek az alkalmazása nagy eredményekkel kecsegtetett. *Evans*, amerikai, 1800-ban 10 atmoszférás gépeket készített, mások 20, 40 atmoszférásakat, sőt *Alban* német, 70 atmoszférásakat is.

De e gépek készítőire nagy csalódás várt. A géprészek készítésénél előforduló kisebb pontatlanságok is, olyanok, amelyek a Watt gépében elő se tűntek, itt a nagy nyomások folytán bénító hatásúak lettek. Ha pedig nagy elővigyázattal, drága költséggel jól készültek is, hamar elromlottak, mert a kenőolajok a magas hőmérsékleten rögtön elpárologtak. Mindezek mellett folyton fenyegetett az explózió veszélye is. – És csudák-csudája, ha minden rendben volt is, a kőszénmegtakarítás oly kevés volt, hogy szóba se jöhetett.

Később aztán kiderült a baj oka. A nagy nyomású gőz u.i. magas hőmérsékletű is volt. Pl. a 10 atmoszférás 179°-os. Ha ilyen gőzt bocsátottak a hengerbe, mely aztán expanzióval mozgatta a dugattyút, úgy pl., hogy a nyomása 1 atmoszférára csökkent, akkor egyúttal a hőmérséklete is leszállott 100°-ra, tehát lehűtötte a hengert. A következő dugattyújárat kezdetén beömlő friss gőz már lehűlt hengerrel érintkezett, jó nagy része tehát lecsapódott anélkül,

hogy munkát végezett volna. Így be kellett látni, hogy, ha Watt módjára, gőzköpenyeggel vétetik is körül a henger, a belsejében nem lehet megszabadulni az expanzió következtében fellépő nagy hőmérséklet-ingadozástól s így a felesleges, hiábavaló gőzfogyasztástól sem. Felmerült tehát az a gondolat, hogy a gőz terjeszkedését két hengerben kellene megengedni. Az első, kisebb hengerbe közvetlenül jutna a gőz a kazánból s expanzió nélkül, vagy kevés expanzióval dolgoznék; innen bejutna egy másik nagyobb hengerbe s annak dugattyúját expanzió révén mozgatná. Ezen gondolat szerint kéthengerű gépet legelőször *Hornblower* készített 1776-ben, majd *Woolf* tökéletesítette 1804-ben. Később aztán 3, 4, sőt több hengerű gépek is készültek, hogy a teljes expanzió több egymásutáni hengerben ment végbe, tehát a hőmérséklet-ingadozás minden egyes hengerben kisebb lett.

A többhengerű gépek révén csakugyan jelentékeny köszén megtakarítás volt elérhető.

A másik gondolat, hogy a mégis kikerülhetetlenül fellépő hőmérséklet-ingadozása a henger belsejének ne vonja mindjárt maga után bizonyos mennyiségű gőz lecsapódását, az volt, hogy a gőzt, mielőtt a kazánból a hengerbe jutna, túl kellene hevíteni s ha a túlhevített gőz jut a hengerbe, előbb ki kell adnia a túlhevítésnél felvett meleget, vagyis telítetté kell válnia, hogy lecsapódhasson. Minthogy a túlhevítéshez kevés melegtöbblet kell és a felvett meleget a gőz nehezen adja ki, mert rosszabb vezető, mint telített állapotban, azt lehetett várni, hogy könnyen meg lehet szabadulni a hengerben eddig fellépett hiábavaló lecsapódásoktól. Készültek is túlhevített gőzhasználatra berendezett gépek, különösen *Hirn* nyomán, 1856 óta. De a magas mérsékletek megint sok technikai nehézséget támasztottak. Sőt mindig félni lehetett attól is, hogy a vízgőz magas hőmérsékleten átalakul *H*-nak és *O*-nak robbanó keverékévé. A gyakorlat nem is mutatott nagyobb eredményt, csak jóval később, amikor a technikai akadályok legyőzettek. Az organikus kenőolajok helyébe ásványolajok léptek, melyek még 350 – 400° hőmérsékletet is kibírnak. így aztán a 90-es évek táján nagy számmal készültek túlhevített gőzöket alkalmazó gépek is.

Hogy a történeti fejlődés folyamán egymásután keletkező gépek hatásfoka milyen lépésekben közelítette meg mai tökéletesebb gépeiket, a következő kis táblából látni, mely megmutatja, hogy a gép, a benne tüzelés révén elfogyasztott hőenergiának hányadrészét adja vissza hasznos munka alakjában.

Savery gépe az elhasznált hőenergiának $\frac{1}{442}$ -ét.

Newcomen gépe az elhasznált hőenergiának $\frac{1}{155}$ -ét.

Watt első gépe az elhasznált hőenergiának $\frac{1}{73}$ -át.

Watt későbbi gépe az elhasznált hőenergiának $\frac{1}{44}$ -ét.

Az 1860 körül készült gépek az elhasznált hőenergiának $\frac{1}{29}$ -ét.

Modern, egyhengerű, kondenzáció nélküli gép az elhasznált hőenergiának $\frac{1}{19}$ -ét.

Modern, egyhengerű, kondenzációs gép az elhasznált hőenergiának $\frac{1}{12}$ -ét.

Modern, kéthengerű, kondenzációs gép az elhasznált hőenergiának $\frac{1}{10}$ -ét.

Modern, négyhengerű, kondenzációs gép az elhasznált hőenergiának $\frac{1}{7}$ -ét.

Túlhevített gőzt használó, többhengerű, legjobb gép az elhasznált hőenergiának $\frac{1}{6}$ -át.

Tehát Savery óta a hatásfok 0,22 %-ról 17 %-ra emelkedett, vagyis körülbelül 73-szor nagyobb lett.