

# RAZVOJ HIDRAVLIČNE POGONSKE TEHNIKE SKOZI ČAS – 3. DEL: BRAMAHOVE STISKALNICE IN NAPRAVE

Darko Lovrec

Francoski znanstvenik Blaise Pascal, matematik in filozof, je prvi pokazal in tudi matematično utemeljil hidrostatični način prenosa sil in gibanj s pomočjo tekočine. Osnovni zakon hidrostatike ter praktični dokaz uporabnosti zakona sta predstavljala temelj za razumevanje delovanja in gradnjo prve hidravlične stiskalnice. A Pascal svoje »stiskalnice« še ni industrializiral, kajti tehnologija v tem obdobju še ni bila na ustreznem nivoju in tega ni omogočala. Šele po stoletju in pol sta zadovoljujoča stopnja tehnologije, predvsem pa sta vsestranska inženirska razgledanost in podjetniški duh Josepha Bramaha omogočili, da je bila Pascalova ideja uresničena v obliki široko uporabne naprave – hidrostatične stiskalnice. Od tega trenutka dalje se je dejansko začel praktično uporabljati hidrostatični prenos sil in gibanja, najprej v obliki najrazličnejših in vedno bolj izpopolnjenih hidravličnih stiskalnic ter podobnih naprav, delujočih na istem principu.

V tem prispevku bomo podrobneje osvetlili ozadje razvoja Bramahovih stiskalnic od prvih izvedb z vsemi pomanjkljivostmi in omejeno uporabnostjo do silovitega širjenja njihove uporabe na različna druga področja. Postopne konstrukcijske rešitve in izboljšave so hidravlične stiskalnice pripeljale do široke praktične uporabe. Zaradi množične proizvodnje se je pojavila potreba po novih znanjih, nastajala so nova področja tehnike in strojogradnje ter tehnologije. Tako so hidravlične stiskalnice predstavljale dejansko gonilo razvoja drugih področij strojogradnje in tehnike nasploh.

## 1 Hidravlična stiskalnica – komu jo pripisati?

Večina virov, tako tistih, ki se resneje ukvarjajo z zgodovino dejstev in razvojem posamezne veje stroke, kot tudi tistih, ki so bolj splošnega značaja, odkritje hidravlične stiskalnice pripisuje Josephu Bramahu. Tudi stroka ga časti kot očeta sodobne izvedbe stiskalnice, danes nepogrešljive naprave v vsaki delavnici. Pa tudi uradno priznanje – patent – je bilo Bramahu podeljeno leta 1795, čeprav patent izhaja iz »angleškega okolja« (GB 1795 02045, Bramah, Joseph, »Obtaining and Applying Motive Power«). [1] Delovanje Bramahove stiskalnice temelji na hidro-

statičnem principu prenosa sil in gibanja s pomočjo tekočine, ki ga je spoznal, utemeljil, preveril in dokumentiral Blaise Pascal, približno 150 let pred Bramahovo stiskalnico [2]. Zaradi tega, in to povsem upravičeno, določeni viri pripisujejo iznajdbo stiskalnice Pascalu. Tako se načeloma pojavlja vprašanje, komu dejansko pripisati iznajdbo stiskalnice?

Za Pascala bi lahko rekli, da je bil znanstvenik, matematik, fizik, izumitelj ..., ki je v svoja razmišljanja in ideje vključeval vse oblike znanstvenega dela – enačbe kot teoretično podlago in eksperiment kot potrditev enačbe oz. dognanja. Za Bramaha pa lahko rečemo, da je bil vsestranski inženir in praktik, tehnični zanesenjaka, pionir in vizionar ter tudi podjetnik ..., ki je imel informacije, poznal in razumel znanstveno ozadje, jih prepoznal kot pomembne, obetajoče, koristne širši družbi ... in jih znal uresničiti v industrijski, uporabni obliki.

To razmišljanje in poznavanje dejstev pripeljeta do zaključka, da je zelo težko potegniti neko ostro ločnico med tem, kaj je dejanski izum v smislu principa ali izum v smislu realizacije nekega principa in predvsem, komu ga pripisati. Najpogosteje oz. zagotovo pa to ni nek datumski mejnik. Tudi v primeru patenta stiskalnice je tako – ta je bila dejansko izdelana in predstavljena, preden je bil patent uradno podeljen. Pa še glede datuma patenta so različne navedbe (31. marec 1795, 30. november 1795). [1] Ideje se namreč nabirajo in razvijajo dalje in ko so dovolj jasne, so predstavljene v dokumentirani obliki. Tudi uradni postopki potrebujejo svoj čas. Zagotovo pa pride do »rojstva« nečesa novega vedno na podlagi vseh

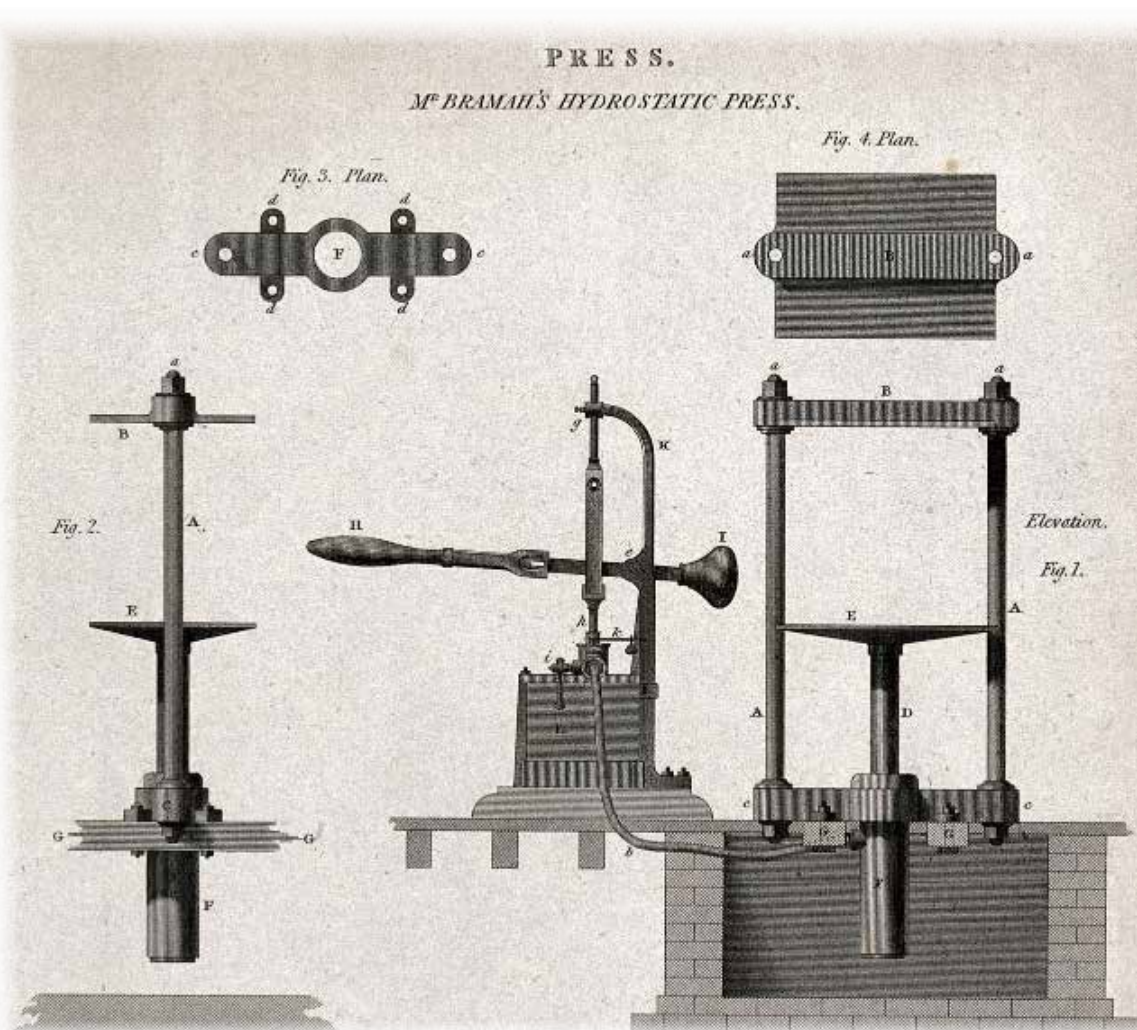
Prof. dr. Darko Lovrec, univ. dipl. inž.,  
Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

predhodnih različnih informacij, uspehov ali zablod pri delu in razmišljanju drugih avtorjev, lastnega dela ter stanja tehnologije in potreb družbe.

Tudi pri drugih pomembnih izumih je bilo zelo podobno. Tako parnega stroja ni izumil samo James Watt, kot mu to posplošeno pripisujemo, temveč je delovanje parnega stroja le izpopolnil v tolikšni meri, da je bil bolj uporaben in zanesljiv. Kot prvi korak v smeri razvoja k parnemu stroju (aksialno pomikanje bata in pretvarjanje tega gibanja v vrtilno gibanje) je potrebno omeniti gibanje bata, povzročeno z eksplozijo smodnika (Christian Huygens, 1650). Namesto plinov smodnika je Denis Papin (1647-1712) za premikanje bata uporabil atmosferski nadtlak vodnega izparjevalnika. Papin svojega izuma ni pripeljal do gospodarskega uspeha – to je uspelo Thomasu Newcomnu. Za očeta parnega stroja v današnjem smislu izvedbe pa velja Watt, ki je leta 1756 kot univerzitetni mehanik iz Glasgova v sodelovanju z Matthewom Boultonom popravil oz. izboljšal Newcomnov parni stroj: povečal je izkoristek stroja, uvedel translatorno gibanje na osnovi rotacije in dodal regulator vrtljajev. [3]

Podobno lahko rečemo tudi za iznajdbo parne lokomotive oz. tirnega vozila, gnanega s parnim strojem, ki jo pripisujemo Georgu Stevensonu, pa čeprav je Richard Trevithick (1771-1833) prvi zasnoval visokotlačni parni stroj in ga namestil na rudniško tirno vozilo, t. i. Coalbrookdale Locomotive (1802), 12 let pred Stevensonom. [4]

Takšnih primerov izumiteljev in raziskovalcev, ki so prispevali k določenemu spoznanju, je veliko, a žal si običajno zapomnimo samo zadnjega. Vsi trije omenjeni velikani razvoja tehnike (Watt, Stevenson, Bramah) so zagotovo bili (strojni) inženirji, veliki praktiki in vizionarji ter inovatorji. Med omenjenimi je Joseph Bramah med širšo publiko še najmanj znan inovator. Tudi v primeru Bramaha in njegove hidravlične stiskalnice je bilo podobno: idejo Pascala je uresničil v uporabni obliki. A tudi svoje stiskalnice je Bramah nenehno razvijal in izpopolnjeval ter si pri tem pomagal z idejami drugih – ali ožjih sodelavcev ali z znanimi rešitvami z drugih področij. Primer njegove že izpopolnjene stiskalnice iz leta 1812 prikazuje *slika 1*.



*Slika 1* : Bramahova hidrostatična stiskalnica kasnejše izvedbe s konstrukcijskimi podrobnostmi (1812), [5]

## 2 Razvoj Bramahove stiskalnice

Prva Bramahova stiskalnica, ki jo je patentiral, in vse njegove zgodnje izvedbe stiskalnic so imele še leseno ogrodje – *slika 2*. Po eni strani je Bramah izhajal z ruralnega območja in je najprej delal na družinskem posestvu, kasneje pa se je posvetil tesarstvu in izdelovanju omar. Po opravljenem vajeništvu se je preselil v London, kjer je ustanovil lastno mizarско podjetje. Šele kasneje, v Londonu, se je posvetil kovinam – njihovi uporabi in obdelavi (ključavnice). Zato ni nič čudnega, da je njegova prva stiskalnica imela kvalitetno dodelano leseno ogrodje. Po drugi strani pa v tem obdobju še ni bilo strojev in naprav, ki bi imeli kovinska ogrodja.

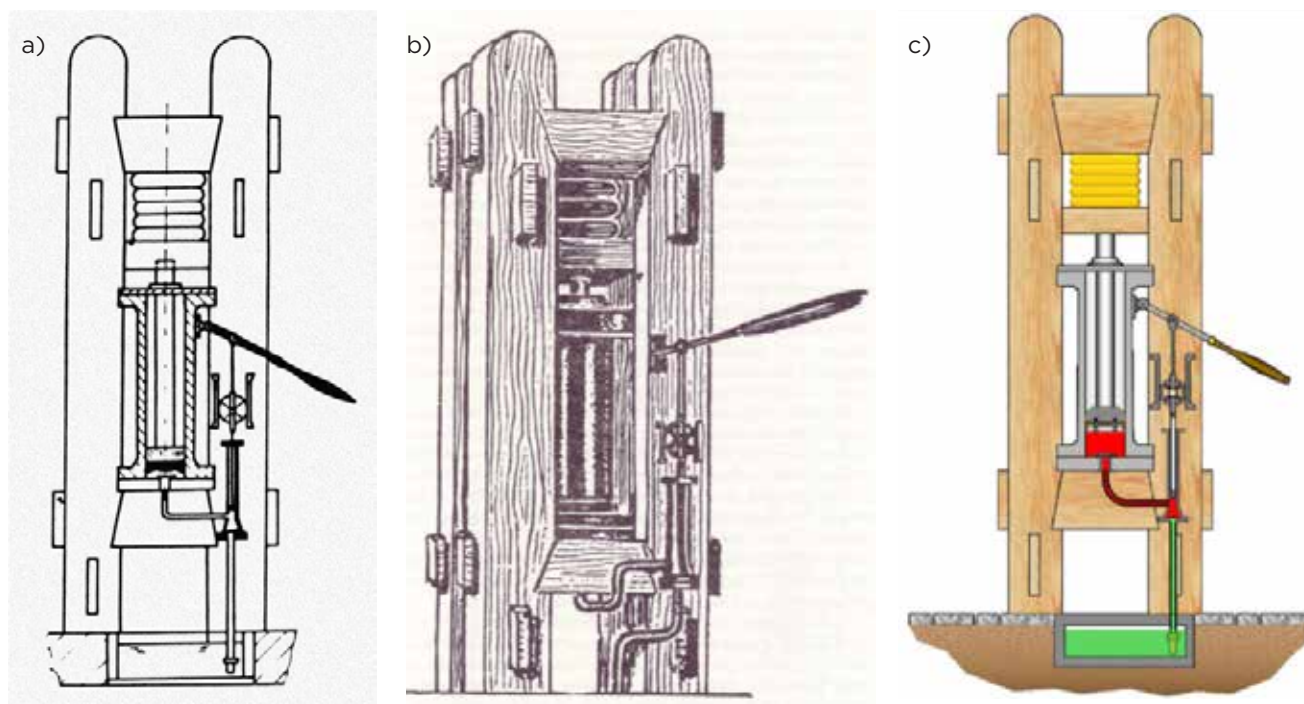
Njegova preko vzvoda ročno gnana stiskalnica je imela črpalni bat premera 6,3 mm (1/4"), delovni, stiskalni bat pa je imel premer približno 300 mm (12"). Čeprav je razmerje ploščin znašalo kar okoli 2300, je bila ta stiskalnica zmožna stiskati le s silo nekaj več kot 2 toni. [6] Kljub majhni zmogljivosti in z lesnim, a trdnim ogrodjem (glede na današnje stanje tehnike), je bila stiskalnica ob javni predstavitvi delovanja širši publiki deležna velike pozornosti in je bila obravnavana kot čudo tehnike tistega obdobja.

Delovni valj je imel tesnila iz usnjenih manšet, ki jih je poznal in uporabil že Ktesibius pri svoji batni črpalki, batnica pa je bila samo vodena in ni bila tesnjena. [7] Kot hidravlična tekočina je bila uporabljena voda. Čeprav je bil delovni valj izdelan iz litega železa in obdelan z razpoložljivo tehnologijo

tistega časa, zaradi nenatančne izdelave in načina tesnjenja ni bilo možno dosežati višjih delovnih tlakov kot 50 bar. Pogosto zatikanje pri gibanju bata in obsežno puščanje zaradi nizke viskoznosti vode sta omejevali zmogljivost in uporabno vrednost stiskalnice. Razen tega so se pojavljali tudi korozija in problemi pri obratovanju pri nizkih temperaturah. Čeprav je Bramah stiskalnico posodobil s parno gnanim pogonom namesto ročnega in tako ojačil silo, so omenjene pomanjkljivosti uporabnosti stiskalnice še vedno zelo omejevale. Glavni vzrok je bil v slabi kvaliteti izdelave delovnega kovinskega valja – problematično notranje struženje na večjih dolžinah.

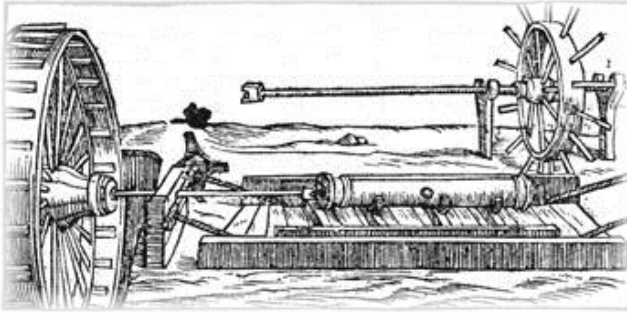
Zavedati se moramo dejstva, da natančnost obdelave v tistem obdobju ni bila na posebej visokem nivoju. Pri prvih stiskalnicah se je za notranje struženje valja še vedno uporabljala več kot 200 let stara tehnologija notranjega struženja oz. vrtnja dolgih izvrtin. Prvotni način notranjega horizontalnega vrtnja topovskih cevi je uporabljal Biringuccio iz Benetk in ga opisal v knjigi »De la Pirotechnia« (1572). Pogon vrtalne naprave je bil izveden z nožno gnanim pedalnikom (za manjše dimenzije) ali pa je bil gnan z vodnim kolesom preko navijalnih vrvi (*slika 3a*). [8]

Smeaton je izvedbo vrtalne naprave izboljšal tako, da je vrtalni drog na eni strani dodatno uležajil s pomičnim vozičkom – *slika 3b*, Wilkinson pa je uporabljal dvostransko uležajeni vrtalni drog – *slika 3c*. [9], [10] Takšen način vrtnja v polni material ni le povečal natančnosti topovske cevi, temveč tudi njeno bolj varno uporabo. Wilkinson je tehnologi-

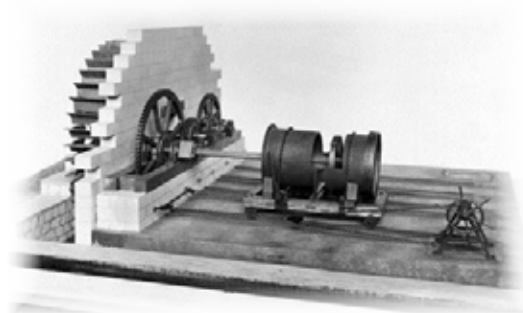


**Slika 32** : Slika Bramahove stiskalnice iz njegove patentne prijave (a) in starejše ter novejša umetniške pušvaritve (b), (c), [6], [13]

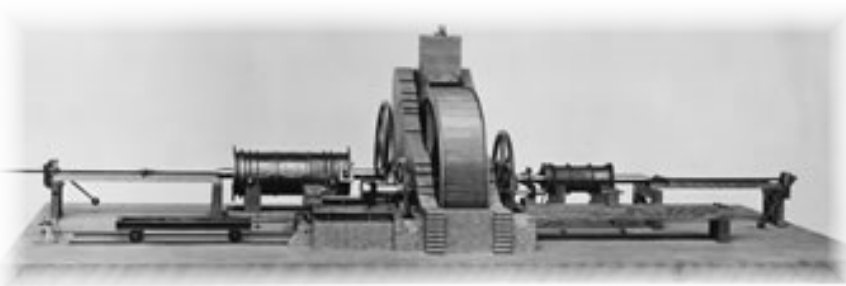




a) Vannoccio Biringuccio (1572)



b) John Smeaton (1769)



c) John Wilkinson (1775)

jo notranjega vrtanja izpopolnjeval v svoji železarni v Bershamu v Walesu. Tehnologija je imela v času industrijske revolucije pomembno nevojaško uporabo, saj je Wilkinson svoj izum in partnerstvo prilagodil podjetju Boulton and Watts, ki je izdelovalo valje za parne stroje.

Tako so s tem strojem izdelali tudi valj za parni stroj J. Watta, ki je imel izvrtino premera 1600 mm, pri čemer je bila po navedbah »proizvajalca« dosežena visoka natančnost izvrtine: odstopanje premera nikjer ni bilo večje, kot je znašala debelina takratnega kovanca za šest penijev (op. sixt pence coin, debelina ok. 1 mm).

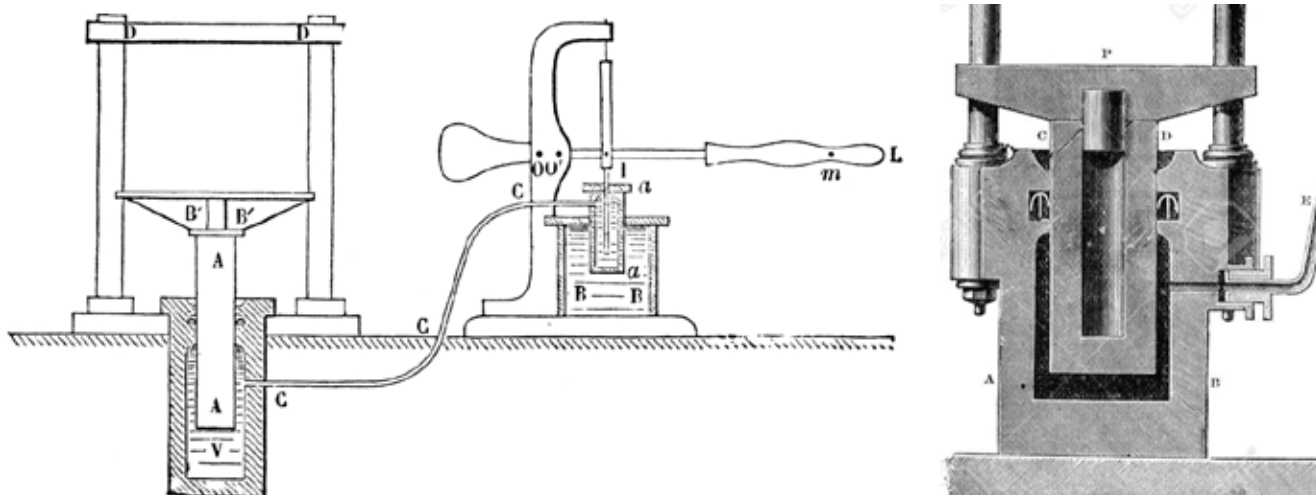
Izdelava dolgih in natančnih izvrtin večjega premera, kakršne so značilne za hidravlične valje, je še vedno predstavljala tehnološki izziv in je zavirala večji razmah uporabe stiskalnic, predvsem tistih za večje sile. Ta problem je Bramah obšel in ga rešil na svoj način – namesto klasične oblike bata in batnice različnih premerov je uporabil bat v plunžer izvedbi – bat in batnica imata enak premer in sta enovit element – *slika 4*. Dejansko je bil tudi plunžerski valj že znan iz starejših rešitev prvih črpalk. Pri tej izvedbi valja kvaliteta in natančnost obdelave notranje ploskve nista pomembni. Natančno je potrebno obdelati le krajšo notranjo izvrtino z utorom, v katerega so bila vstavljena utorna tesnila.

Na svojih prvih stiskalnicah (*slika 2*) je Bramah uporabljal še usnjene manšete v obliki skodelice (ang. cup leather, nem. Ledermanschete). Te so zahtevale natančno in fino površino, ki pa je glede na tehnologijo tistega časa ni bilo moč doseči. S

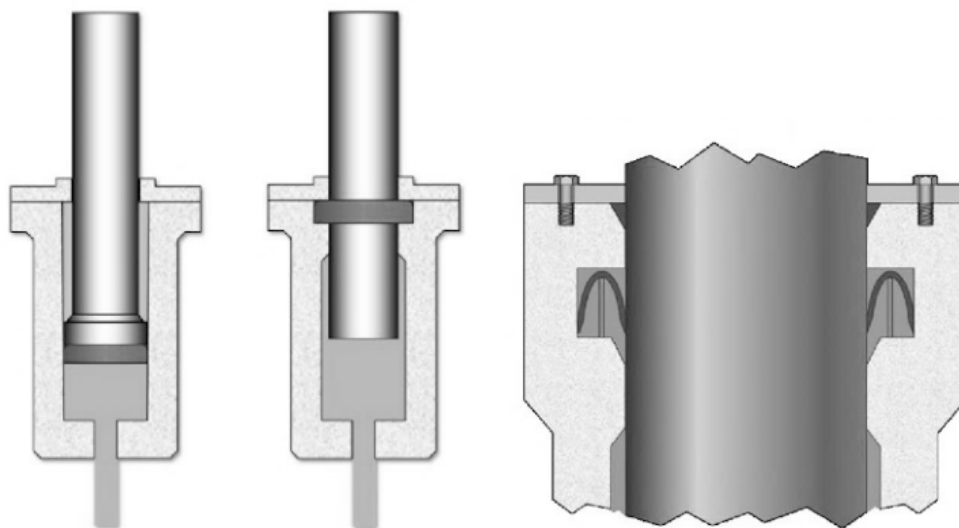
plunžerskim valjem in z utornimi tesnili kot izboljšavo je sicer tehnološke probleme obšel, stiskalnice so lahko obratovalne z višjimi obratovalnimi tlaki in bile učinkovitejše, vendar je dobro tesnjenje povzročalo višje trenje in obrabo tesnila, kar se je izkazalo kot slabost pri višjih tlakih. Nadaljnjo izboljšavo je predstavljalo tlaku prilagodljivo obročasto tesnilo z U-oblikovanim prečnim presekom, ki se je ob večjem tlaku prilagodilo vgradnemu utoru za tesnilo in še učinkoviteje tesnilo. Poimenovali so ga samotesnilno tesnilo in je predhodnik današnjih obročastih tesnil v obliki ustnic. Razen tega pa je bilo tesnjenje sedaj izvedeno na zunanjem premeru bata oz. batnice, kjer natančnost izdelave v tistem obdobju ni bila tako problematična kot izdelava notranjih dimenzij. Razen tesnjenja se je ista oblika, a nameščena obrnjeno in na batnici, uporabljala za preprečevanje vdora umazanije v notranjost valja – danes t. i. posnemalni obroč oz. posnemalo batnice. Uporaba U-tesnila je dejansko izhajala s področja parnih strojev Boultona in Watta in je predstavljala velik korak naprej pri izboljšanju tesnjenja.

Ker je bila problematika pri hidravličnih valjih identična kot pri parnih strojih, so ta tesnila, prenesena na področje hidravličnih valjev, predstavljala velik korak naprej tudi v izboljšanju delovanja hidravličnih stiskalnic. S to rešitvijo se je ponovno lahko uporabljala izvedba z batom in batnico z različno velikima ploskvama in učinkom stiskanja ter lažjo izvedbo. Z učinkovitejšim tesnjenjem in z drugimi izboljšavami so se hidravlične stiskalnice vse bolj uveljavljale na različnih področjih proizvodnje in proizvajale v vedno večjih količinah.

**Slika 3 :** Zgodnje izvedbe naprav za notranje struženje (topovskih cevi)



Delovni valj s plunžerjem in utornim tesnilom (levo) ter s »samotesnilnim« tesnilom (desno), 1813



Slika 4 : Izvedbe valjev s plunžerjem in z različnimi vrstami tesnil

Manšetno in utorno tesnilo (levo) ter samotesnilno tesnilo (desno) [11]

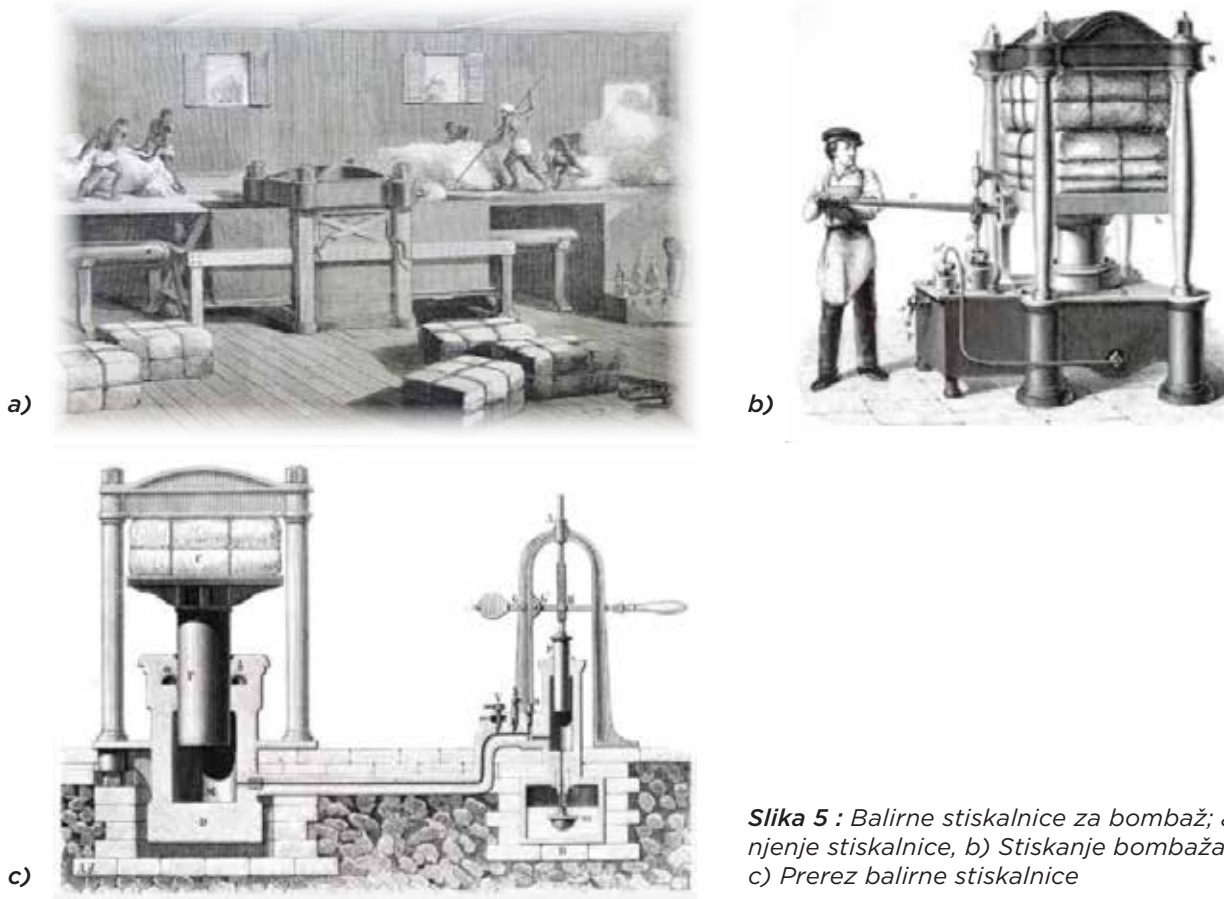
### 3. Hidravlične stiskalnice – gonilo razvoja strojegradije

Po navedbah virov (običajno kot omembe v novicah) je Bramah že leto po svoji prvi stiskalnici izdelal stiskalnico s premerom bata 175 mm in dosegal tlake vse do 275 bar, s čimer je dosegal »silo« stiskanja 60 ton in več. Prve stiskalnice so uporabljali predvsem za baliranje – za stiskanje bombaža, volne ali sena. Primer balirnih stiskalnic prikazuje *slika 5*.

S stiskanjem lahkega vlaknastega materiala se je njegov volumen občutno zmanjšal, stisnil v majhno gosto balo, kar je omogočilo veliko lažji transport, še posebej v primerih, ko je transport potekal z ladjo. Surovi bombaž so lahko tako skladiščili v manjših prostorih ali v istem skladišču veliko večjo količino materiala, razpakirali pa so ga lahko takrat, ko so ga potrebovali za nadaljnjo predelavo. Tako je bilo smiselno imeti balirne stiskalnice na mestih, kjer so

surovino balirali. Tako se je novica o zelo priročni balirni stiskalnici kar hitro razširila po celem svetu, s tem pa tudi povpraševanje po tem proizvodu. Pri tem se ni razširila samo ideja o Bramahovi hidravlični stiskalnici kot uporabni napravi, temveč so jo kar hitro pričeli proizvajati tudi drugi proizvajalci strojev in naprav.

Prve hidravlične stiskalnice so tako uporabljali za potrebe tekstilne industrije – kot balirne stiskalnice ali v suknarnah pri postopku barvanja kot tudi v oljarnah, najprej v Angliji in kasneje v vseh njenih kolonijah, kjer so iztiskali olja iz različnih vrst semen. Pri teh stiskalnicah se je kot hidravlična tekočina pričelo uporabljati (bio)olje. Pri prvih stiskalnicah so namreč vodi dodajali glicerini in metilni alkohol kot »aditiv«, da bi s tem izboljšali mazalne lastnosti vode, zmanjšali korozijo in preprečili zmrzovanje vode. A je ob puščanju valja tako aditivirana tekočina onesnažila iztisnjeno olje. Z uporabo olja, ki so ga iztiskali in hkrati uporabljali tudi kot hidravlično



**Slika 5 :** Balirne stiskalnice za bombaž; a) Polnjenje stiskalnice, b) Stiskanje bombaža v balo, c) Prerez balirne stiskalnice

tekočino, je bil problem onesnaženja iztisnjene olja z glikolom rešen.

Razen za iztiskanje olja in za ločevanje stearinske kisline od oleinske kisline iz masti in olj živalskega in rastlinskega izvora za potrebe proizvodnje detergentov, mil in drugih kozmetičnih izdelkov so se v prirejeni obliki stiskalnice uporabljale tudi za druge namene. Tako so bile v uporabi za stiskanje in ravnanje natisnjenih listov pred vezavo v knjigo, za stiskanje papirnatih robčkov, za tiskanje denarja in vrednostnih papirjev ter ostalih dokumentov, za stiskanje opek v opekarnah ... Nekaj primerov namenskih stiskalnic prikazuje *slika 6*.

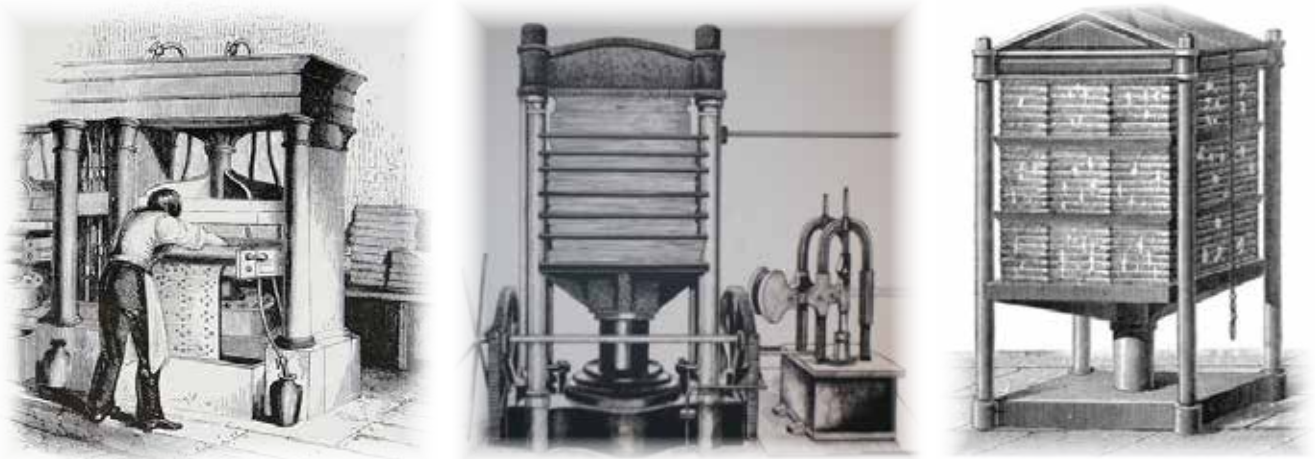
Nadaljnji razvoj obdelave kovin, tako notranjega kot zunanega struženja in s tem doseganje večje natančnosti, je omogočil povečanje zmogljivosti in s tem razmah uporabe hidravličnih stiskalnic še na drugih področjih uporabe ... Ročni pogon stiskalnice je zamenjal parni pogon s pretvornikom tlaka, pojavila se je zahteva po zamenljivih, standardnih strojnih delih, kot so vijaki, matice, sorniki, kot delovni medij pa so pričeli uporabljati olje.

V začetnem obdobju gradnje stiskalnic je imel veliko vlogo pri strojni obdelavi Henry Maudslay (1771–1831), ki je delal v Bramahovem podjetju, specializiranem za izdelovanje varnostnih ključavnic. Preden je Bramah patentiral svojo stiskalnico in jih začel

izdelovati v vedno večjem številu in po njih postal znan, je bil znan po svojih ključavnicah in avtomatičnem toaletnem splakovalniku. Zaradi zahtev po večji natančnosti njegovih ključavnic je Bramah porabil veliko časa za razvoj strojnih orodij za pomoč pri njihovi izdelavi. Pri tem se je zanašal na strokovno znanje Henryja Maudslaya, ki ga je kot 18-letnega mladeniča s posluhom za tehniko zaposlil v svoji delavnici in z njim tesno sodeloval pri reševanju tehničnih problemov. [11]

Kot zanimivost iz začetnega obdobja sodelovanja Bramah-Maudslay lahko omenimo, da določeni viri in namigovanja celo omenjajo, da je idejo o izvedbi stiskalnice dejansko dal Maudslay, a zaradi mladosti in pomanjkanja podjetniških izkušenj, ki pa jih je imel Bramah, te ideje ni razvil do patenta in celovitega izdelka, kar je naredil Bramah. Maudslay pa je Bramahu rešil problem tesnjenja bata in batnice. Do takrat je bilo tesnjenje običajno izvedeno s svitkom konopljinih vlaken (predivo), vendar se pri visokih tlakih ta način tesnjenja ni obnesel. Maudslay je predlagal uporabo usnjene manšete, ki je učinkovito tesnila tudi pod visokim tlakom, pri povratnem gibu (ob nizkem tlaku) pa ni povzročala uporov in trenja. Tako opremljena hidravlična stiskalnica je odlično delovala. S tega vidika se je pojavil tudi pomislek, ali ni Maudslay tisti, ki je stiskalnico naredil učinkovito in tako dejansko prispeval k uspehu razvoja Bramahovih stiskalnic, v zameno pa je dobil le malo. [12]





*Hidravlična stiskalnica za izdelavo papirnatih robčkov (1845)*

*Hidravlična stiskalnica za stiskanje in ravnanje listov v knjigoveznicah*

*Hidravlična stiskalnica za ločevanje stearinske kisline od oleinske (1900)*

**Slika 6 :** Hidravlične stiskalnice za različne namene

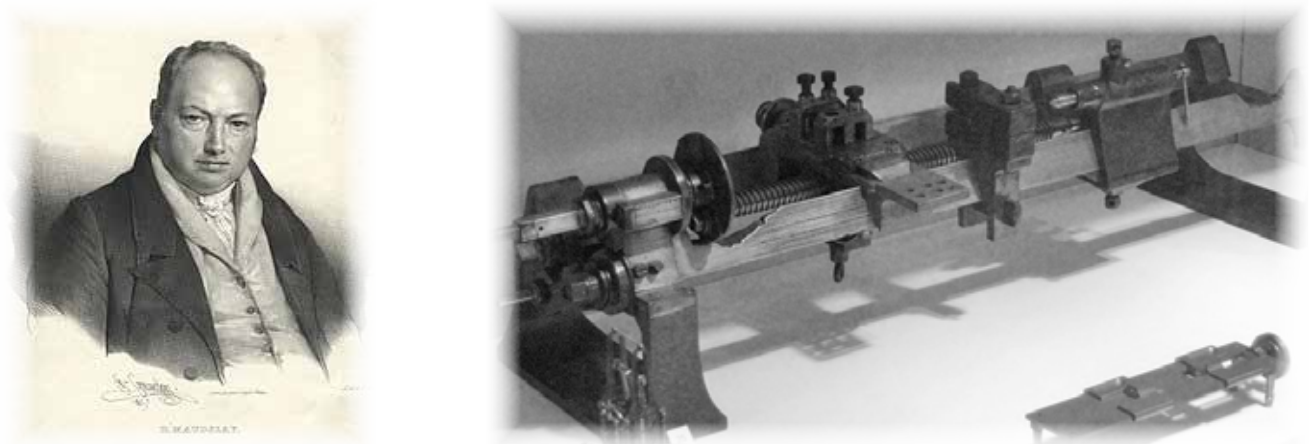
Omenja se tudi osebna povezanost z Bramahom. Mladi Maudslay naj bi se bil poročil z Bramahovo hišno pomočnico in izrazil željo po višji plači, saj je vedno bolj sodeloval pri razvoju in izdelovanju tako ključavnic kot sedaj še stiskalnic, a jo je Bramah zavrnil. To je bil povod, da je Maudslay zapustil Bramahovo podjetje in zasnoval svoje, medsebojnega sodelovanja pa nista prekinila in sta ga uspešno nadaljevala. [13] Karkoli že omenjajo različni viri, za to ni trdnih dokazov. Je pa trdno dejstvo, da sta za časa sodelovanja ustvarila številne inovativne stroje, ki so omogočili učinkovitejšo proizvodnjo Bramahovih ključavnic in so bili uporabni tudi za druga področja proizvodnje. Iz tega obdobja izhaja tudi najbolj znan dosežek v napredku strojogradnje – strožnica s samodejnim pomikom za rezanje različnih navojev – *slika 7*.

Za različne vzpone navojev naj bi imel Maudslay okoli 1800 izmenljivih kolotov/jermenic. [10] Stru-

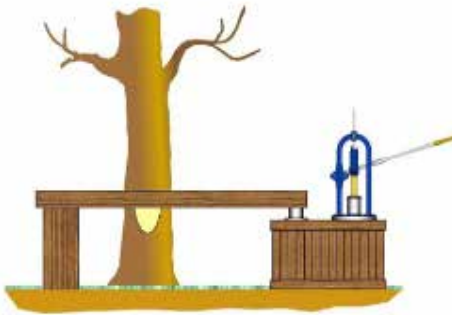
žnice z vodilom in podporo so se serijsko pričele izdelovati po letu 1820. S tem je bila podana osnova za izdelavo strojnih elementov z enakimi dimenzijami, kot so vijaki in maticice, ki do takrat niso veljali kot »zamenljivi strojni elementi«.

Maudslay je zasnoval tudi prvo namizno mikrometrsko napravo z natančnostjo  $\approx 3 \mu\text{m}$ , ki jo je poimenoval Lord Chancellor (op.: kancler – v Veliki Britaniji najvišji uradnik krone, odgovoren za učinkovito delovanje in neodvisnost sodišč), saj so ga uporabili za reševanje vseh vprašanj glede natančnosti izdelave (okoli 1805). Prav tako je zasnoval in izdelal številne druge izdelovalne naprave in pripomočke – od vpenjalnih naprav in držal za orodja do strojev za obdelavo lesa.

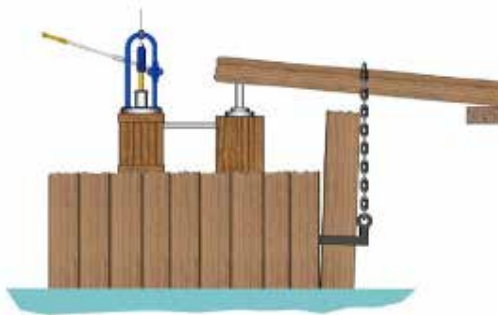
Po možnosti merjenja dimenzij z mikrometrsko natančnostjo je Maudslay kar hitro spoznal, da vrtni stroji ter strožnice ne smejo več imeti lesenega



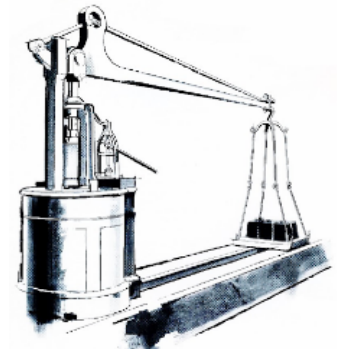
**Slika 7 :** Henry Mauslay in njegova strožnica za rezanje različnih navojev



Hidravlična naprava za puljenje dreves s koreninami vred



Hidravlična naprava za puljenje stebrov



Naprava za prikaz zmogljivosti hidravlike

**Slika 8** : Druge Bramahove naprave, podobne stiskalnicam [13]

ogrodja, temveč litoželezno, če želijo izpolniti zahtevo po višji natančnosti, ki jo je že bilo moč izmeriti.

Maudslay je bil brez dvoma angleški inovator na področju strojev in naprav in orodij ter izdelovalec preoblikovalnih orodij in izumitelj. Upravičeno ga štejemo za očeta strojegradnje, saj so njegovi izumi predstavljali pomemben temelj za industrijsko revolucijo, predvsem v Angliji.

Pri razvoju strojev in naprav je veliko prispeval tudi sam Bramah: uporaba skobeljnega stroja, uporaba litoželeznega ogrodja stiskalnic namesto lesenega, uporaba tlačnega ojačevalnika in hidravličnega akumulatorja ... so omogočili nov napredek v strojegradnji in povečevanju zmogljivosti strojev. Nove rešitve so zahtevale nove in natančnejše stroje. Tako so se razvijali stroji za obdelavo planih ploskev, pa tudi sami vrtni stroji so se nadalje izpolnjevali. Tako je npr. leta 1838 Belgijec Cockeril zasnoval vrtni stroj za valje, ki je že imel samodejni pomik. Brez dvoma lahko rečemo, da so hidravlične stiskalnice stimulirale najprej angleško strojegradnjo, od koder se je prenesla še na druge dežele in druge vrste naprav.

#### 4 Druge stiskalnicam podobne naprave

Bramah je vedno iskal nove možnosti uporabe svojih stiskalnic. Tako je princip hidravlične stiskalnice uporabil tudi za druge namene. Pri nekaterih idejah je ostalo zgolj pri ideji, ki še ni bila dovolj zrela za realizacijo v takratnem obdobju, druge ideje pa so bile praktično udejanjene.

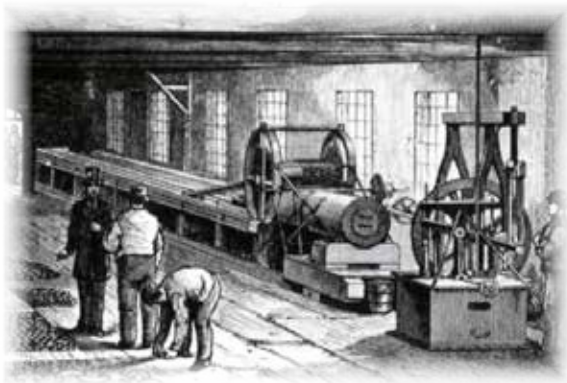
Izum, ki morda spada med njegove najbolj nenavadne oz. posebne, je zagotovo naprava za ruvanje dreves iz tal skupaj s koreninami. Pred pojavom kovinskih ladij v sredini 19. stoletja se je za gradnjo ladij uporabljal les, na enak način kot pred stoletji. Gradnja velike vojaške ladje s 100 topovi, kot je bila npr. HMS Victory, je zahtevala več tisoč dreves, pri čemer je 90 % uporabljenega lesa bil angleški

hrast, ki je za ta namen veljal kot najboljši. Namesto običajnega sekanja dreves, pri čemer vedno ostane nekaj dragocenega lesa še v zemlji in ovira ponovno zasajanje novih dreves, je Bramah prišel na idejo, da izpuli celotno drevo s koreninami vred. Za to nalogo je bila uporaba hidravlične naprave edina smiselna rešitev. Delovanje takšnega stroja je bilo javno prikazano v Hyde Parku v Londonu, ki ima sedaj zagotovo nekaj manj dreves, kot bi jih bilo sicer. Na žalost natančnega načrta te naprave še niso našli, obstaja samo ilustracija, izdelana na podlagi opisa lorda Colchestera. Podoben namen uporabe je imela hidravlična naprava za puljenje kolov in stebrov; obe napravi sta po rekonstrukciji informacij prikazani na *sliki 8*.

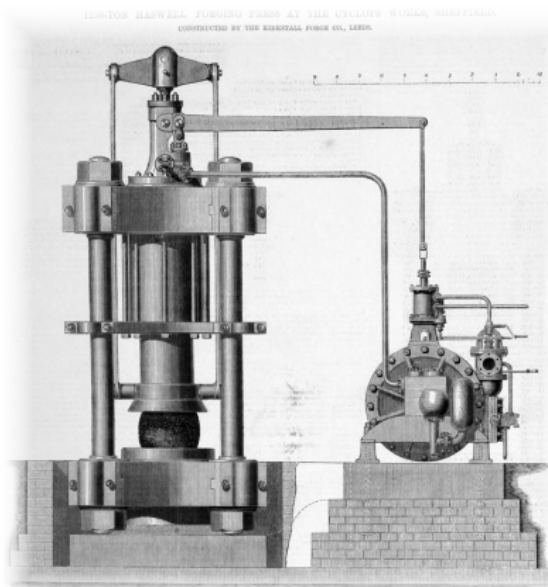
Razen za puljenje stebrov se je hidravlika uporabljala tudi za vtiskanje stebrov oz. pilotov v zemlino, najpogosteje za utrjevanje mehkega, običajno rečnega obrežja pri gradnji mostov ali drugih objektov. Hidravlika se je za ta namen uporabljala kot stiskalnica, pri čemer je stiskalna plošča delovala v nasprotni smeri kot običajne stiskalnice – navzdol. Razen tega neposrednega vtiskanja stebrov je bil v uporabi tudi posredni način, pri čemer se je hidravlična naprava uporabljala kot dvižna naprava za večje breme, ki so ga na določeni višini odpeli in je padlo na pilot, ter ga zabila v zemljo – zabijanje pilotov. Vse omenjene rešitve so večinoma Bramahove ideje, izhajajoče iz običajnih stiskalnic, pri čemer je bila tudi večina sestavnih delov enaka.

Za prikaz zmožnosti svojih stiskalnic oz. hidravličnega premagovanja sil potencialnim kupcem je Bramah zasnoval poseben model – *slika 8*. Pravzaprav je šlo za hidravlično balansirko s hidravličnim valjem premera 100 mm, pri čemer je bila batnica pritrjena na vzvod z razmerjem ročic 21 : 1. Preko vzvoda je dvignil maso 1 t, kar odgovarja 21 t neposredne mase na batu. Dejansko je v tem primeru šlo za miniaturno dvižno napravo, ki jo je kar nekaj desetletij kasneje zasnoval in jo dalje razvijal William Armstrong, naslednji velik pionir hidravlične tehnike.

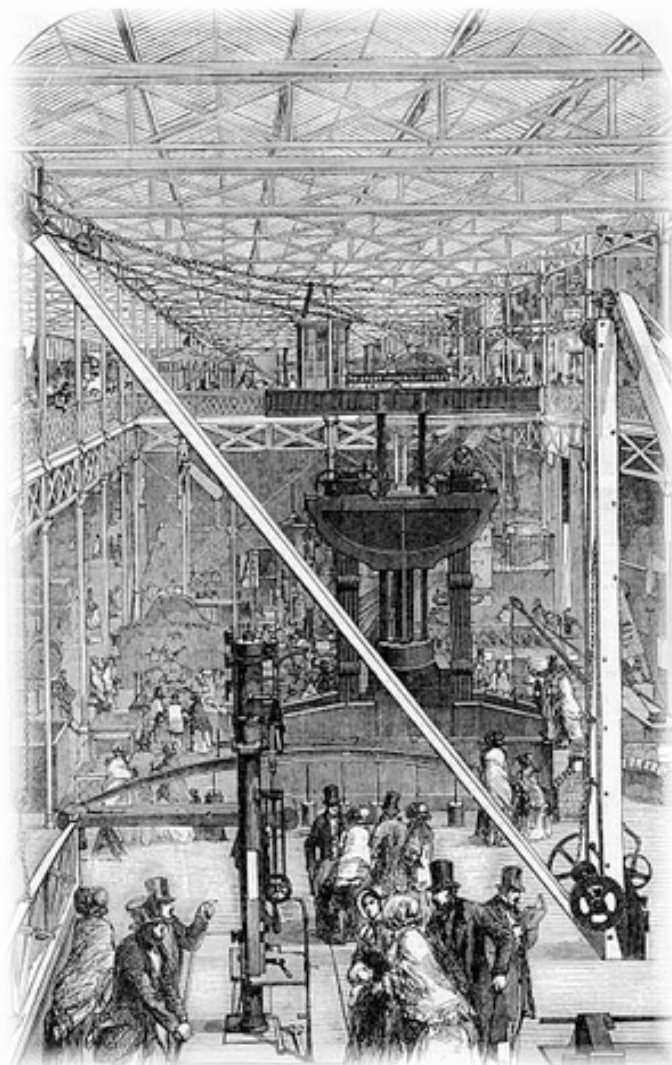




Hidravlična testna naprava za verige, Brown & Lennox's, Millwall, London, 19. stol.



Kovaška stiskalnica 1250 t proizvajalca Kirkstall Forge C, izdelana po patentu Johna Haswella, Sheffield, 1867



Velika hidravlična stiskalnica, razstavljena na Veliki razstavi strojev in naprav, strokovno razsodišče, London, 1851

**Slika 9 :** Veliki preskuševalni stroji in stiskalnice

Kot rečeno, so bile Bramahove stiskalnice kar hitro prepoznane kot uporabna naprava, nov stroj, zato so jih začeli izdelovati tudi drugi proizvajalci strojev, najprej v Angliji ter nato še drugod po svetu. Vsak pa je dodal določeno spremembo, jo nadgradil ali dopolnil. Tako je npr leta 1814 Murray patentiral hidravlično stiskalnico za baliranje tkanine, v kateri sta se zgornja in spodnja miza hkrati približevali. Izboljšal je hidravlične stiskalnice, ki jih je izumil Joseph Bramah, leta 1825 pa je izdelal ogromno stiskalnico za testiranje verižnih kablov. Njegova stiskalnica, zgrajena za odbor mornarice, je bila dolga 34 čevljev in bi lahko »proizvajala silo« 1000 ton.

Na hidravlični način so testirali trdnost materialov in pomembne vlečne komponente. Tako se je pojavila povsem nova vrsta strojev – preskuševalni stroji za material, strojne elemente in sklope. Iz te skupine strojev lahko omenimo stroj za preskušanje ladijskih

verig (Murray, Anglija, 1810, 1000 bar, 5000 kN), stroj za preskušanje vlečnih sornikov tirnih vozil (Werder, Nemčija, 1882, 1000 kN), stroj za preskušanje trdnosti različnih materialov (Hoppe, Avstrija, 1891, 5000 kN, 360 bar) ... ter tudi kovaške stiskalnice (Haswell, Avstrija, 1861, 8000 kN, 500 bar), saj so ugotovili, da ima stiskani material veliko boljše lastnosti kot preoblikovan z udarci parnega kladiva. Po Haswellovem vzoru se je pričela gradnja velikih stiskalnic. Nekaj tovrstnih velikih hidravličnih strojev prikazuje *slika 9*.

**5 Zaključek**

Gradnja prve Bramahove hidravlične stiskalnice zagotovo predstavlja velik mejnik na področju strojegradnje. Njen nadaljnji razvoj pa ni spodbudil samo razvoja novih tehnoloških postopkov in strojev, me-

rilne opreme in doseganja mikrometrskih natančnosti, mehanizirane izdelave standardnih delov ter materialoznanstva, pojavili so se namreč prvi hidravlični preoblikovalni stroji, skobeljni stroji in prvi preskuševalni stroji.

Trdimo lahko, da je bila hidravlika oz. hidrostatični prenos energije gonilna sila, ki je pospešila razvoj številnih novih področij tehnike: od novih vrst strojev in naprav do nove obdelovalne tehnike, do razvoja novih vrst orodij in vpenjalnih naprav ter držal, do merilne tehnike, materialoznanstva, preskuševalnih naprav ter tudi serijske proizvodnje enakih izdelkov ...

Od tega obdobja dalje je hidravlika postala samostojna vrsta tehnologije oz. veja tehnike, druge veje tehnike, ki so dejansko izšle s področja hidravličnih stiskalnic, pa so se pospešeno razvijale v samostojni smeri. Seveda pa so se znane rešitve prenašale na druga področja: dvigalna tehnika in dvizne naprave, gradnja mostov in tunelov ...

## Viri

- [1] N. N.: Patent GB-179,502,045, Mar. 31, 1795, J. Bramah, Obtaining and applying motive power; Directory of American Tool and Machinery Patents, <http://www.datamp.org/patents/displayPics.php?source=xrefPerson109184>.
- [2] Lovrec, D.: Razvoj hidravlične pogonske tehnike skozi čas - 2. del: Prva hidravlična stiskalnica. Ventil - revija za fluidno tehniko in avtomatizacijo, ISSN 1318-7279, apr. 2019, letnik 25, št. 2, str. 148-156.
- [3] McNeil, I.: An Encyclopedia of the History of Technology, Routledge, 1996, ISBN: 0-415-14792-1, 1062 strani.
- [4] Rolt, L. T. C., Richard Trevithick - English engineer, <https://www.britannica.com/biography/Richard-Trevithick>.
- [5] Lowry, W.: Bramahova stiskalnica, bakrorez. ilustracija J. Farey iz Abraham Rees' Cyclopaedia, Universal Dictionary, London, 1812.
- [6] McNeil, I.: Joseph Bramah - A Century of Inventions, 1749-1851; David & Charles: Newton Abbot, 1968, 7153 4211 8, 216 strani.
- [7] Lovrec, D.: Razvoj hidravlične pogonske tehnike skozi čas - 1. del: Zgodnji začetki in prve črpalke. Ventil : revija za fluidno tehniko in avtomatizacijo, ISSN 1318-7279, feb. 2019, letn. 25, št. 1, str. 60-69.
- [8] N. N.: Entwicklung des Bohrens 200 vor CHR bis 800, [http://www.feuerwaffen.ch/index\\_htm\\_files/Handwerk\\_07\\_Bohr.pdf](http://www.feuerwaffen.ch/index_htm_files/Handwerk_07_Bohr.pdf).
- [9] Smeaton, J.: Reports of the Late John Smeaton: Made on Various Occasions, in the Course of his Employment as a Civil Engineer, Cambridge Library Collection - Technology, Volume 1, 2014, ISBN-13: 978-1108069816, 1712 strani.
- [10] Weingarten, F.: Die Entwicklung der hydrostatischen Energieübertragung im 19. und 20. Jahrhundert, o + p Oelhydraulik und pneumatik, 26 (1982), Nr. 12, str. 873-879.
- [11] N. N.: Maudslay, H. (1771-1831), Dictionary of National Biography, vol. 13, p. 81, accessed on [ancestry.co.uk](http://ancestry.co.uk) 2016-12-20.
- [12] Rolt, L. T. C., Great Engineers, 1962, G. Bell and Sons Ltd, London.
- [13] Skinner, S.: Hydraulic Fluid Power; A Historical Timeline, 2014, Steve Skinner Presentations, 126 strani, ISBN: 978-1-291-67689-1.
- [14] Rouse, H., Ince, S.: History of Hydraulics, Dover Publications, Inc., New York, 1957, Library of Congress Catalog Card Number: 63-21684, 269 strani.
- [15] Chalmers, A. F.: One Hundred Years of Pressure - Hydrostatics from Stevin to Newton, ISBN-13 9783319859385, 2017, 197 strani.

**Ste kdaj razmišljali  
ali je tiskovina,  
ki jo držite v rokah  
okolju prijazna?**

Sodelovanjem z nami je odgovor na to vprašanje zagotovo (lahko) **pritrtilen**.  
Grafex agencija | tiskarna se zaveda pomembnosti skrbi za okolje, zato smo že oktobra 2014  
kot prvi v regiji **pridobili certifikat FSC**.

35 let **grafex** agencija | tiskarna  
[www.grafex.si](http://www.grafex.si)