

Adam FRUŻYŃSKI*

PIERWSZE MASZYNY PAROWE ZASTOSOWANE W GÓRNOŚLĄSKIM GÓRNICTWIE

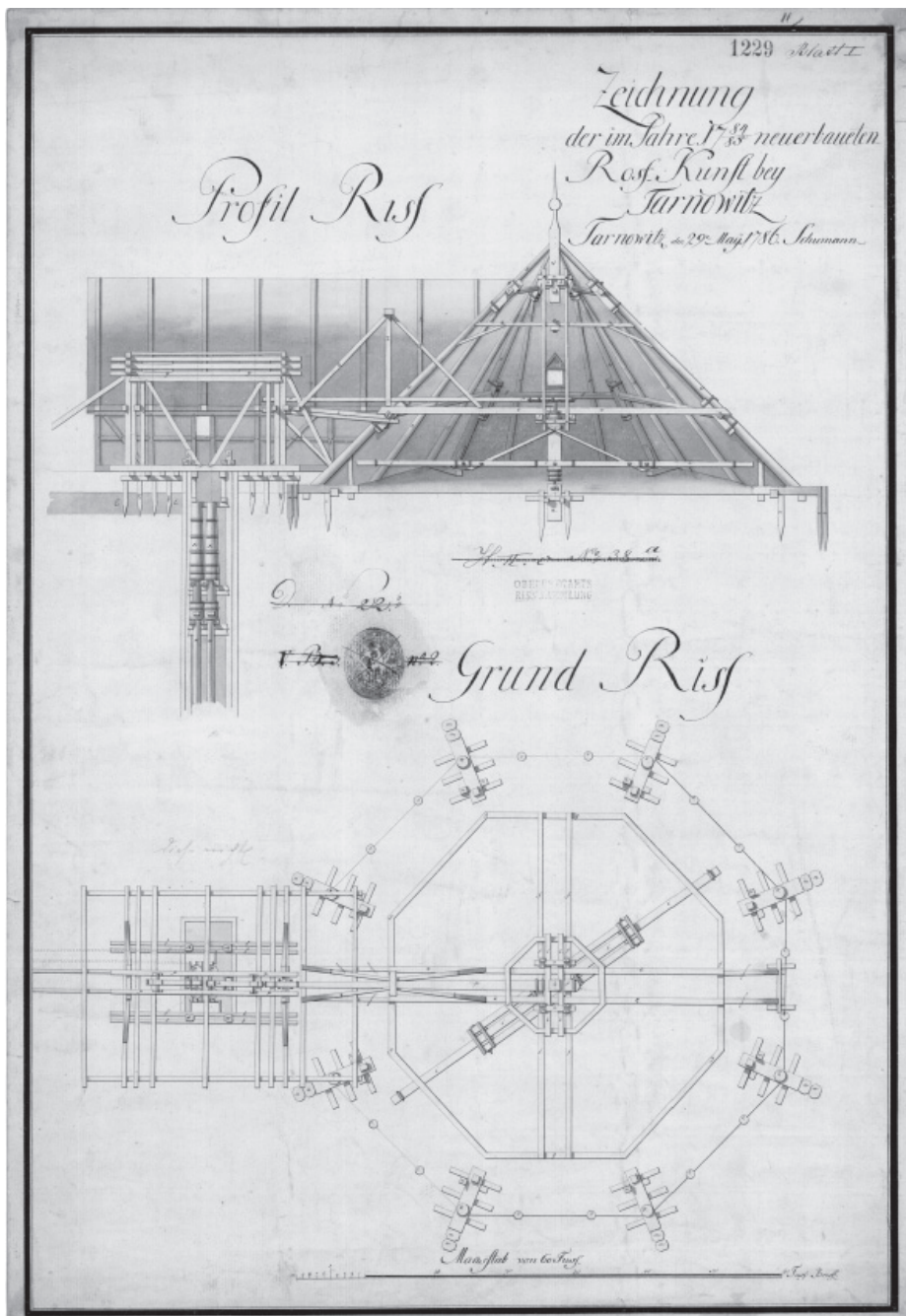
Przez wiele stuleci do usuwania wody z kopalń stosowano różnego typu pompy poruszane przez koła deptakowe lub wodne. Najbardziej rozpowszechnione były jednak kieraty konne, wymagające utrzymywania przez kopalnię dużych ilości koni. Do usuwania wody służyły też sztolnie odwadniające. Z problemem sprawnego odwadniania kopalń zetknięto się w górnośląskim górnictwie pod koniec XVIII w., gdy władze pruskie zainicjowały proces budowy nowoczesnego przemysłu górnico-hutniczego. W 1788 r. z inicjatywy hr. Fryderyka von Redena zainstalowano w tarnogórskiej kopalni srebra i ołowiu „Fryderyk” pierwszą górnośląską maszynę parową. Wyposażona w 32 calowy cylinder maszyna systemu Newcomena poruszała pompy odwadniające kopalnię. Ponieważ maszyny tego typu konsumowały ogromne ilości węgla w 1796 r. kopalnia „Fryderyk” otrzymała maszynę parową systemu Watta. W latach 1795–1797 pierwsze maszyny parowe otrzymały kopalnie węgla kamiennego „Królowa Luiza” w Zabrze i „Król” w Chorzowie. W 1814 r. na tej ostatniej kopalni zamontowano pierwszą parową maszynę wyciągową. Pojawienie się maszyn parowych zrewolucjonizowało historię górnictwa, gdyż po raz pierwszy pojawiło się urządzenie, które uniezależniło górnika od pracy własnych rąk, siły zwierząt, lub mocy natury.

Woda była zawsze jednym z największych wrogów górnika. Dlatego też przez wiele stuleci górnicy walczyli z napływem wody przy pomocy różnego typu urządzeń. W małych i płytkich kopalniach wystarczały zwykłe kołowroty, poruszane przez 2 lub 4 górników, wyciągające na powierzchnię wiadra, wypełnione wodą. Gdy kopalnie stawały się większe i głębsze, wodę usuwano pompami wieloczerpakowymi, paternostrami, lub ogromnymi, skórzanymi zbiornikami (bulgami) o pojemności dochodzącej do tysiąca litrów. Do ich napędu stosowano koła deptakowe o kilkumetrowej średnicy, wprawiane w ruch obrotowy przez chodzących w ich wnętrzu ludzi lub zwierzęta (Pazdur, 1960; Agricola, 1556). Gdy umożliwiały to warunki geograficzne, urządzenia odwadniające wprawiały w ruch ogromne koła wodne, o średnicy dochodzącej do 12 m. Najbardziej rozpowszechnione były jednak kieraty konne, wymagające utrzymywania przez kopalnię dużych ilości koni. W XVI w. do odwadniania zaczęto używać pomp ssąco-tłoczących. Ponieważ pojedyncza, wykonana z drewna, pompa podnosiła wodę na wysokość 8 m,

* Muzeum Górnictwa Węglowego w Zabrzu

w szybach kopalnianych musiały być one ustawiane piętrowo, jedna nad drugą (Beck, 1984). Gdy warunki geologiczno-górnictwa były korzystne, górnicy przystępowali do budowy sztolni odwadniających, które odprowadzały grawitacyjnie wodę z rejonu eksploatacji. Uważano, że jest to najlepszy, najskuteczniejszy i najtańszy sposób osuszenia kopalni. O roli sztolni odwadniających w górnictwie niech świadczy zdanie, pochodzące z przechowywanego w Bibliotece Jagiellońskiej dokumentu, dotyczącego górnictwa: „Lepszej drogi nie masz ku ratunkowi rzeczy górnej i osuszenia tych gwałtownych wód, tylko przywiezienie sztoły ziemnej, którą by podeszłe a spuszczone wody być mogły”. (Gładysz 1965). Z problemem sprawnego odwadniania kopalń zetknięto się w górnośląskim górnictwie pod koniec XVIII w., gdy władze pruskie zainicjowały proces budowy nowoczesnego przemysłu górnictwa-hutniczego, stosującego węgiel kamienny, koks i maszyny parowe (Frużyński, 1999). W 1784 r. z inicjatywy hr. Fryderyka von Redena doszło do reaktywacji tarnogórskiego ośrodka górnictwa, specjalizującego się w wydobywaniu rud srebra i ołowiu. Górnicy pracujący w podziemnych wyrobiskach kopalni „Fryderyk”, bardzo szybko zetknęli się z nadmiarem wody, napływającej do chodników i komór (Piernikarczyk, 1926). Aby go usunąć sięgnięto do starego i wielokrotnie już wypróbowanego sposobu. Polegał on na zamontowaniu w 1785 r. na szybie „Kunst” urządzenia, składającego się z kieratu konnego, poruszającego dwa zestawy pomp odwadniających (rys. 1, MGW/TG/A: 665, 1786). Odwadniarka konna pracująca w tarnogórskiej kopalni jest widoczna na rysunku 1. Koszty instalacji tego typu odwadniarki, wykonanej z drewna, wzmocnionej żelaznymi ściągamami, wyniosły prawie 2,3 tys. talarów (Nowak, 1928).

Wkrótce w kopalni pracowały trzy podobne urządzenia, wprawiane w ruch przez 120 koni. Koszt ich utrzymania był bardzo wysoki i wymagał wyasygnowania co roku kwoty 14 tys. talarów (Piernikarczyk, 1937). Środki te przeznaczono przede wszystkim na zakup paszy, pensje pracowników, opiekujących się zwierzętami i budowę stajni. Mimo ponoszenia przez przedsiębiorstwo tak wysokich nakładów finansowych, odwadnianie kopalni okazało się nie tylko dość drogie, ale jednocześnie mało efektywne. Aby zaradzić tej sytuacji w 1785 r. hr. F. Reden polecił budowę sztolni odwadniającej „Pomagaj Bóg” (Frużyński 1999). Jednak prace przy jej drażeniu okazały się skomplikowanym i drogim przedsięwzięciem, które początkowo nie spełniało pokładanych w nim nadziei. Dlatego też hr. Fryderyk von Reden postanowił zerwać związaną z dotychczasowymi sposobami odwadniania kopalni i zamontować w Tarnowskich Górach maszynę parową, napędzającą pompy odwadniające. Miano oprzeć się na sprawdzonych już rozwiązaniach angielskich, gdzie tego typu urządzenia pracowały od początku XVIII w. (Wagenbrecht & Wächtler, 1995). W 1786 r. do Anglii udała się delegacja, reprezentująca pruskie władze górnicze, której przewodniczył hr. Fryderyk von Reden. Do jej zadań należało zapoznanie się z pracującymi typami maszyn parowych, wybranie odpowiedniego urządzenia, przeznaczonego dla kopalni „Fryderyk” oraz uzyskanie zgody władz angielskich na zakup maszyny parowej, gdyż eksport tego typu urządzeń podlegał ścisłej reglamentacji. Wszystkie formalności, związane z wydaniem przez władze brytyjskie zgody na zakup maszyny parowej, załatwił baron Karol von Stein (Niemierowski, 1988). Ostatecznie komisja uznała, że do odwadniania kopalni najbardziej przydatna będzie, najczęściej w tym czasie stosowana, maszyna parowa systemu Newcomena. Było to urządzenie o prostej



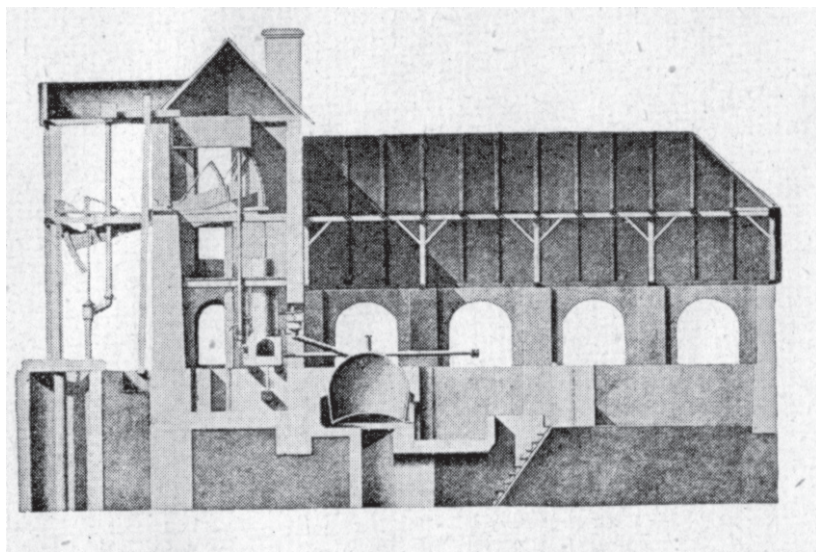
Rys.1. Kunszt wodny pracujący w kopalni „Fryderyk” w Tarnowskich Górach
(ze zbiorów Muzeum Górnictwa Węglowego w Zabrze)

Fig. 1. Water draining machinery from the “Friedrich” mine in Tarnowskie Góry
(collection of the Coal Mining Museum in Zabrze)

konstrukcji, niezawodne i tanie w eksploatacji w porównaniu z odwadniarkami konnymi. Nie zwrócono jednak należytej uwagi na ogromną energochłonność urządzenia, co doprowadziło później do komplikacji, związanych z transportem paliwa z kopalni węgla do kopalni rudy (Matschoss, 1908). Zrezygnowano natomiast zakupu maszyny parowej systemu Watta, ponieważ wiele zastosowanych w niej rozwiązań chronionych było patentami, a dostęp do dokumentacji był utrudniony. Po otrzymaniu odpowiedniej zgody, wykonanie urządzenia zlecono zakładom Penydarren w południowej Walii, należącym do słynnego konstruktora Samuela Hompfraya. Pod jego kierunkiem wybudowano maszynę parową, przeznaczoną dla tarnogórskiej kopalni. Rozmontowane na części składowe urządzenie załadowano w maju 1787 r. w porcie Cardiff na statek, który po kilku dniach żeglugi przetransportował cenny ładunek do Szczecina (Slotta 1985). W porcie szczecińskim elementy maszyny przeładowano na barki śródlądowe, pływające po Odrze. Nimi maszyna dotarła do Deszowic, gdzie nastąpił ostateczny rozładunek. Następnie, przy pomocy wielu furmanek, rozmontowaną maszynę przewieziono w sierpniu 1787 r. do kopalni „Fryderyk” (Piernikarczyk, 1933). W międzyczasie na terenie kopalni drążono szyb odwadniający „Kunstschacht” i wybudowano budynek, w którym to ważące 33,9 t urządzenie miało być zainstalowane. Proces montażu urządzenia nadzorował jego konstruktor Samuel Hompfray, który na Górnym Śląsku przybył na zaproszenie barona K. Steina. Do wieży szybowej przylegały dwa kominy i specjalna konstrukcja, podtrzymująca drugi, mniejszy, drewniany dach, zamontowany nad szybem, który chronił go przed wpływem różnego typu czynników atmosferycznych. Obok powstał jednokondygnacyjny, murowany, podpiwniczony budynek, dwa kotły parowe, przewody spalinowe i magazyn paliwa, którym początkowo było drewno. W samym szybie znajdowały się natomiast dwa zestawy pomp odwadniających. Najpotężniejszym elementem konstrukcji była, gruba na 1,5 m, ściana nośna wieży, na której wspierał się wahacz, służący do poruszania pomp. W ten sposób po raz pierwszy w górnośląskim górnictwie wybudowano specjalny szyb wodny, wyposażony w wieżę szybową, do której przylegała kotłownia. Sama maszyna została uruchomiona w dniu 18 stycznia 1788 r. Jest ona widoczna na rysunku 2.

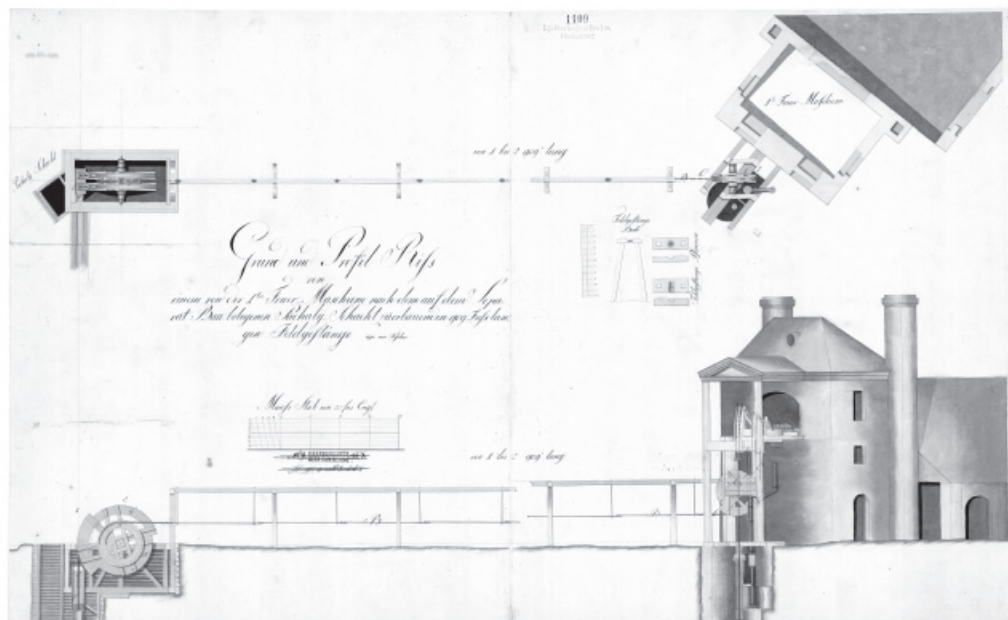
Pierwsza tarnogórska maszyna parowa przystosowana została również do wprawiania w ruch pomp odwadniających, zainstalowanych w szybie „Pachały”, który znajdował się w odległości 300 m od szybu „Kunst”. Połączenie to zostało wykonane za pomocą zestawu cięgieł, wprawiających w ruch pompy, zamontowane w drugim szybie (MGW/TG/A: 510, XIX w.). Fragmenty urządzenia prezentuje rysunek 3.

Maszyna ogniowa lub atmosferyczna, bo tak ją wtedy nazywano, składała się z kilku elementów. Pierwszym widocznym na rysunku 4 był kocioł kopiasty Newcomena, wykonany z połączonych nitami, kutyh, miedzianych blach. Dolną część kotła stanowił ścięty stożek, którego dolna średnica wynosiła 2,4 m, a górna 2,85 m. Nad nim znajdowała się część górna, mająca kształt półkolistego hełmu, na szczycie którego ulokowano zawór bezpieczeństwa, zawór parowy i urządzenie, doprowadzające zimną wodę do kotła. Palenisko tworzył żeliwny ruszt o wymiarach 0,6 × 0,6 m (Slotta, 1985). Palący się węgiel ogrzewał bezpośrednio wklęsłe dno kotła, natomiast ściany boczne ogrzewane były za pomocą wykonanego, w obmurzu kotła przewodu spalinowego, łączącego palenisko z kominem (MGW/TG/A: 335, 1806).



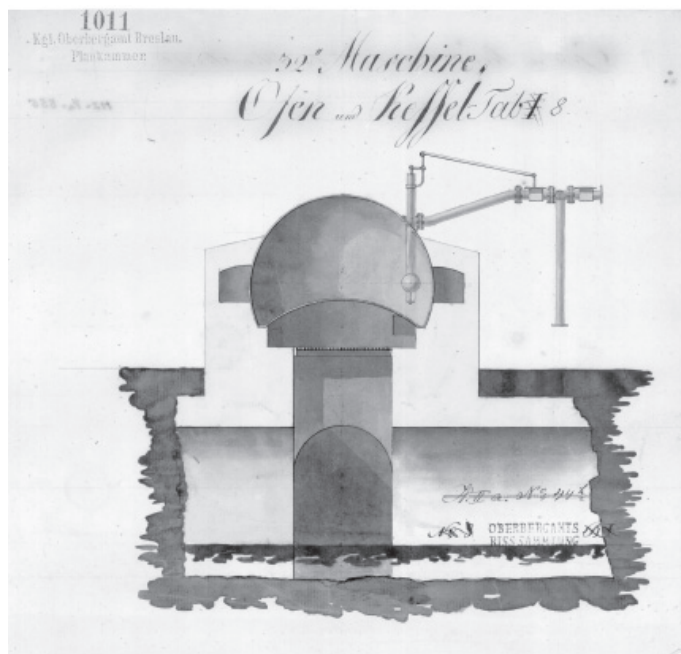
Rys. 2. Pierwsza na Górnym Śląsku 32-calowa maszyna parowa systemu Newcomena, zainstalowana w kopalni „Fryderyk” w Tarnowskich Górach (ze zbiorów Muzeum Górnictwa Węglowego w Zabrze)

Fig. 2. Upper Silesia's first 32 in. Newcomen steam engine, once installed in the “Friedrich” mine in Tarnowskie Góry (collection of the Coal Mining Museum in Zabrze)



Rys. 3. 32-calowa maszyna parowa systemu Newcomena, poruszająca zestawy pomp odwadniających, zamontowanych w dwóch szybach kopalni „Fryderyk” (ze zbiorów Muzeum Górnictwa Węglowego w Zabrze)

Fig. 3. 32 in. Newcomen steam engine powering the drainage pumps in two shafts of the “Friedrich” mine (collection of the Coal Mining Museum in Zabrze)



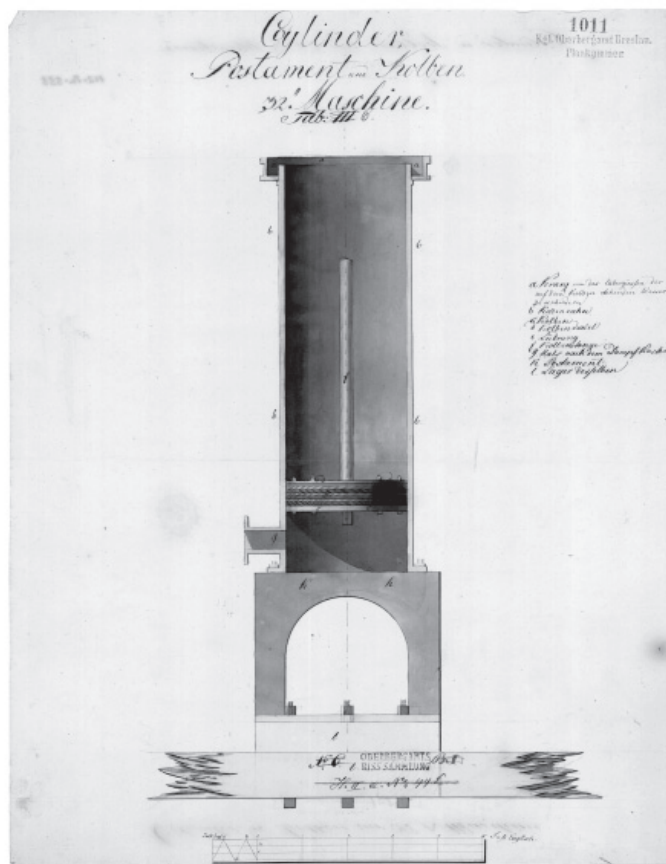
Rys. 4. Kocioł parowy 32-calowej maszyny parowej w kopalni „Fryderyk” w Tarnowskich Górach,
(ze zbiorów Muzeum Górnictwa Węglowego w Zabrze)

Fig. 4. Steam boiler of the 32 in. steam engine from the “Friedrich” mine in Tarnowskie Góry
(collection of the Coal Mining Museum in Zabrze)

Para, wytwarzana w kotle, kierowana była za pośrednictwem przewodu parowego do zaworu wlotowego pary, zamontowanego w dolnej części, ustawionego pionowo, cylindra maszyny parowej. Jest on pokazany na rysunku 5. Miał on 2,75 m wysokości, 32 cale wewnętrznej średnicy (81 cm) i był otwarty od góry. W jego wnętrzu znajdował się, gruby na 15 cm, tłok, którego suw wynosił 2,15 metra. Ponieważ różnica pomiędzy średnicą cylindra, a tłoka wynosiła kilkanaście milimetrów, tłok uszczelniono kilkoma zwojami liny konopnej, nasączonej łożem. Nad tłokiem znajdowała się warstwa wody o grubości 15–30 cm, dodatkowo utrzymująca szczelność. (MGW/TG/A: 333, 1806)

Do tłoka przylegało tłoczysko, połączone za pomocą 2 cięgien łańcuchowych z segmentem kołowym, znajdującym się na końcu wahacza. Była to wykonana z dębowego drewna, dwuramienna pozioma belka o długości 7,3 m, którą zamontowano na metalowej osi, osadzonej w łożyskach. Jest ona widoczna na rysunku 6. Do jej zadań należało przeniesienie ruchu posuwisto-zwrotnego tłoka na łańcuchy przyłączone do drugiego segmentu kołowego wahacza, do których przymocowane było tłoczysko pomp odwadniających. (MGW/TG/A: 330, 1806)

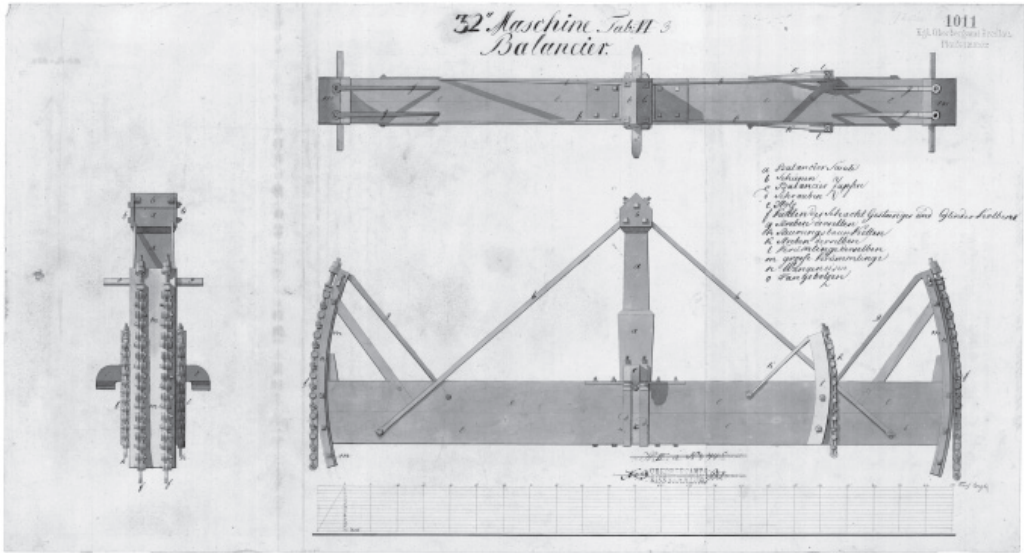
Do wahacza przymocowany był również drewniany drąg sterujący, którego celem było poruszanie dźwigni, zamykającej lub otwierającej zawór wlotowy pary i zawór dostarczający wody, służącej do skraplania pary. Zimna woda gromadzona była w drewnianym zbiorniku, mieszczącym się na ostatniej kondygnacji wieży. Takie ułożenie wytwarzało



Rys. 5. Cylinder, tłok i tłoczysko 32-calowej maszyny parowej w kopalni „Fryderyk” w Tarnowskich Górach, (z zbiorów Muzeum Górnictwa Węglowego w Zabrze)

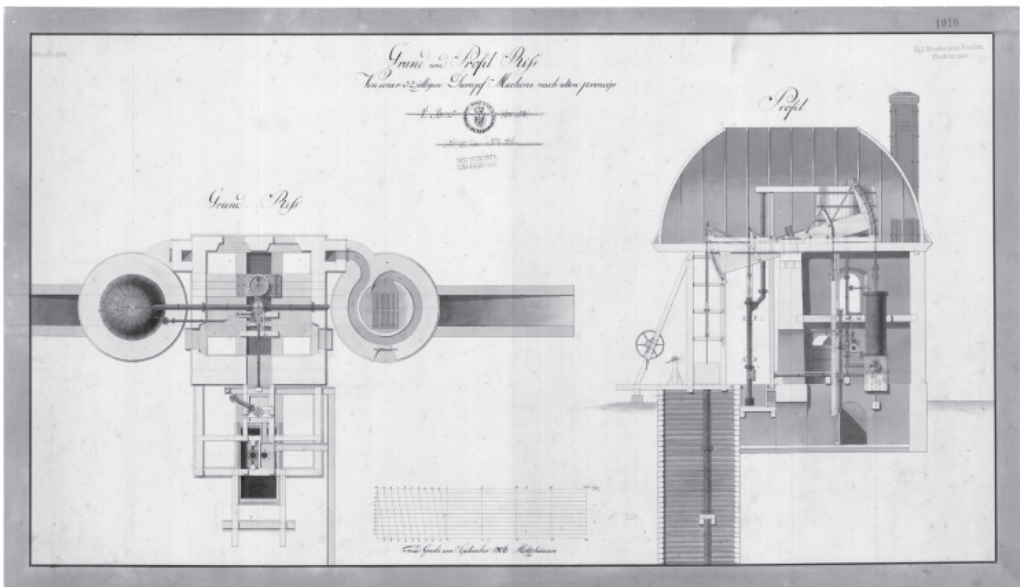
Fig. 5. Cylinder, piston and piston rod of the 32 in. steam engine from the “Friedrich” mine in Tarnowskie Góry (collection of the Coal Mining Museum in Zabrze)

odpowiednie ciśnienie wody, wtryskiwanej do cylindra. Ubytek zimnej wody w zbiorniku stale uzupełniała pompa, wprawiana w ruch za pośrednictwem żerdzi, przymocowanej do wahacza. Część wody kierowano również do rynny, znajdującej się w górnej części cylindra, skąd spływała ona na powierzchnię tłoka, powodując jego dodatkowe uszczelnienie. Do dna cylindra przylegało urządzenie, służące do odprowadzania skroplonej pary. Składało się ono z metalowego, wypełnionego wodą zbiornika, w którym zamontowany był drugi, mniejszy pojemnik, zawierający również wodę, połączony bezpośrednio z dnem cylindra. Skroplona para przepływała w pierwszej kolejności do mniejszego zbiornika, a następnie, za pośrednictwem wentyla, kierowana była do drugiego zbiornika, skąd grawitacyjnie spływała przewodem zasilającym do kotła parowego. Konstrukcja taka zapobiegała napływowi powietrza do cylindra, a to umożliwiała utrzymywanie w nim próżni, niezbędnej do sprawniej pracy maszyny. Mimo iż maszyna nosiła nazwę parowej, para nie



Rys. 6. Wahacz 32-calowej maszyny parowej w kopalni „Fryderyk” w Tarnowskich Górach.
(ze zbiorów Muzeum Górnictwa Węglowego w Zabrze)

Fig. 6. Balance lever of the 32 in. steam engine from the “Friedrich” mine in Tarnowskie Góry
(collection of the Coal Mining Museum in Zabrze)



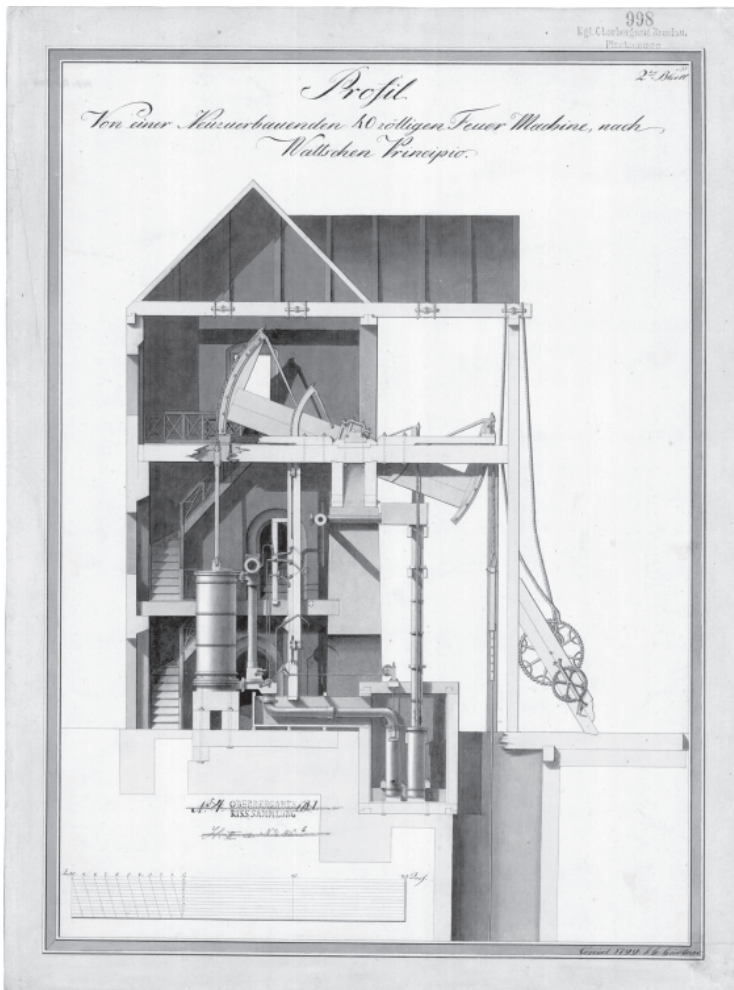
Rys. 7. 32-calowa maszyna parowa z kopalni „Fryderyk” w Tarnowskich Górach.
(ze zbiorów Muzeum Górnictwa Węglowego w Zabrze)

Fig. 7. 32 in. steam engine from the “Friedrich” mine in Tarnowskie Góry
(collection of the Coal Mining Museum in Zabrze)

była w niej czynnikiem roboczym, a służyła jedynie do wytwarzania próżni w cylindrze. (Mantoux, 1957) Pracę użyteczną w maszynie Newcomena wykonywały naprzemiennie ciśnienie powietrza i grawitacja. W ciągu minuty urządzenie wykonywało 15 skoków, wypompowując $1,5 \text{ m}^3$ wody z głębokości 36 m (Piernikarczyk, 1933). Urządzenie została pokazane na rysunku 7. Kopalnia „Fryderyk” na zakup, transport i montaż maszyny parowej Newcomena wydała kwotę 15 tys. talarów, co stanowiło wtedy sumę większą, niż całoroczny zarobek wszystkich pracowników kopalni. Jednak wydatki ponoszone na jej utrzymanie wynosiły tylko 3,7 tys. talarów rocznie, a więc były trzykrotnie niższe, niż kwota przeznaczona na funkcjonowanie odwadniarek konnych. (Slota, 1985)

Ponieważ kopalnia „Fryderyk” systematycznie rozszerzała pole eksploatacyjne, rosła stale ilość wody napływającej do podziemnych wyrobisk. Aby ją usunąć, ponownie na krótki okres czasu uruchomiono kunszty wodne, poruszane przez konie. Sytuację kopalni poprawiło zamontowanie w 1790 r. drugiej maszyny parowej systemu Newcomena. Została ona częściowo wykonana w hucie „Ozimek” i była wyposażona w wyprodukowany w Anglii cylinder o średnicy 20 cali (50 cm). Następnie w 1791 r. zamówiono w zakładach Homfrefa nową, 40-calową (100 cm) maszynę parową, sprawdzonego już, systemu Newcomena. Została ona zamontowana w szybie „Pachały”, a koszty jej budowy wyniosły 16,2 tys. talarów. (Piernikarczyk, 1937) W roku następnym zainstalowano kolejną, tym razem już 48-calową (134 cm) maszynę parową. Kosztowała 17 tys. talarów, a wyprodukowano ją w angielskich zakładach w Banks w Bental. Została umieszczona w szybie „Heinitz”, gdzie wprawiała w ruch pompy wydobywające do $0,9 \text{ m}^3$ wody na minutę z głębokości 40 m. Niektóre z jej elementów wykonano jednak w Ozimku, a przy ich konstruowaniu pracował twórca pierwszych górnośląskich maszyn parowych Fryderyk August Holtzhausen (Frużyński 2004). Mimo iż maszyny parowe Newcomena dość sprawnie usuwały napływającą do kopalni wodę, urządzenia te nie były jednak pozbawione wad. Bardzo szybko zużywało się uszczelnienie tłoka, przez co powstawały kłopoty z uzyskaniem próżni w cylindrze. Pracowały one strasznie głośno, zużywając jednocześnie duże ilości smarów. Do uszczelniania i czyszczenia tłoków maszyny parowej używano duże ilości skóry, konopi, bawełny, talku, filcu, smoły, a także oleju rzepakowego, używanego do smarowania ruchomych części urządzenia (Jaros, 1962). Dość szybko niszczyły się metalowe elementy, pojawiały się przecieki, gdyż blacha, z której zbudowano kotły, pękała. Istotną wadą maszyny była również nierównomierność jej pracy. Tłok podnosił się do góry znacznie wolniej, niż opadał w dół. Było to spowodowane przez tłoki pomp, które przemieszczały się przez słup wody, znajdujący się rurach pompy. Jednak najważniejszą wadą maszyny Newcomena była jej ogromna energochłonność, spowodowana skraplaniem pary w cylindrze. Przy każdym suwie tłoka, cylinder musiano oziębiać wodą do temperatury, w której skraplała się para. Potem ten sam cylinder był ogrzewany parą, aż do momentu uzyskania temperatury, w której para nie ulegała kondensacji, a pozostawała w stanie lotnym (Sproule, 1992). Do strat energii przyczyniały się również niezbyt nowoczesne kotły parowe, o dużej objętości wodnej, połączonej z niewielką powierzchnią grzewczą. Do wytworzenia 1 KM maszyna Newcomena potrzebowała prawie 14 kg węgla (Urbański, 1997). Gdyby urządzenie tego typu pracowało na kopalni węgla kamiennego, nie stanowiło by to istotnego problemu,

gdyż do wytwarzania energii używano drobnego węgla, ze zbyciem którego kopalnie miały ogromne kłopoty. Tymczasem dla kopalni „Fryderyk”, wydobywającej rudę srebra i ołowiu, zapewnienie sprawnych dostaw węgla stało się bardzo istotnym problemem. Musiano przewozić setki ton węgla furmankami, ciągniętymi przez konie, po kiepskiej jakości drogach gruntowych z Zabrze i Chorzowa. Transport taki był czasochłonny i kosztowny, co miało duży wpływ na kondycję ekonomiczną przedsiębiorstwa. Dlatego też, mimo instalacji na kopalni 4 maszyn parowych, nie przerwano pracy przy drażeniu sztolni odwadniającej „Boże Pomóż”. Zaczęto też zastanawiać się nad zastosowaniem nowocześniejszej i bardziej energooszczędnej maszyny parowej systemu Watta. W 1796 r. zamówiono w zakładach W. Wilkinsona, znajdujących się w Staffordshire, nową 40-calo-



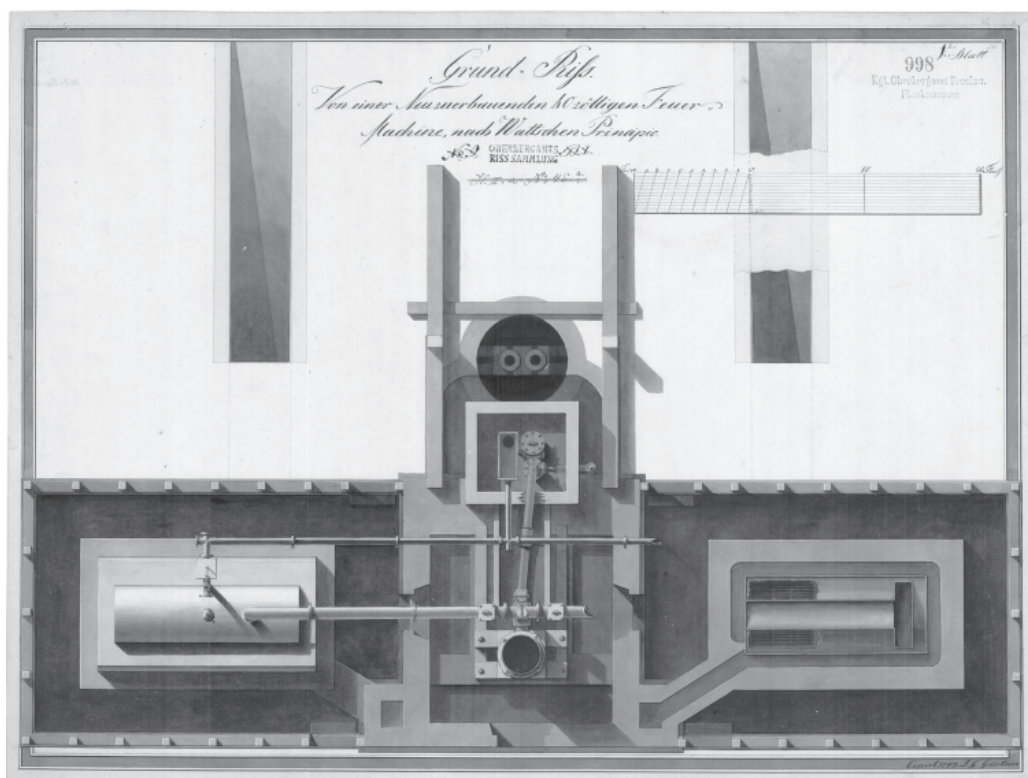
Rys. 8. 40-calowa maszyna parowa systemu Watta zainstalowana w kopalni „Fryderyk” w Tarnowskich Górach. (ze zbiorów Muzeum Górnictwa Węglowego w Zabrzu)

Fig. 8. 40 in. Watt steam engine, once installed in the “Friedrich” mine in Tarnowskie Góry (collection of the Coal Mining Museum in Zabrze)

wą maszynę parową tego systemu, której instalacja kosztowała kopalnię 16,8 tys. talarów. Ustawiono ją w bezpośrednim sąsiedztwie szybu „Reden”, z którego wydobywała do 4 m³ wody na minutę (Piernikarczyk, 1993). Podobnie jak inne tego typu konstrukcje, urządzenie zamontowano w murowanym budynku, mającym kształt 3-kondygnacyjnej wieży, nakrytej drewnianym dachem. Instalację i uruchomienie nowej maszyny parowej nadzorował Fryderyk August Holtzhausen. Urządzenie pokazano na rysunku 8.

Najważniejszym jej elementem był pionowy, zamknięty z dwóch stron cylinder o średnicy 40 cali (100 cm) i wysokości 3,5 m. Wykonany został on z żelaza i posiadał podwójne ściany, pomiędzy które napływała para, służąca do ogrzewania jego wnętrza, tak aby nie zachodziło w nim skraplanie pary. W środku cylindra znajdował się tłok i tłoczysko, które za pomocą cięgien łańcuchowych, połączone były z wahaczem. Po lewej stronie cylindra znajdowało się urządzenie, sterujące dopływem pary, poniżej którego znajdował się wypełniony zimną wodą zbiornik, z zanurzonym w nim natryskowym skraplaczem pary, połączonym z pompą skroplinowo-powietrzną. Zawory urządzenia sterującego były zamykane i otwierane za pośrednictwem dźwigni poruszanych przez drewniany drąg sterujący, zamocowany przy pomocy łańcucha do wahacza. Również pompa skroplinowa poruszana była za pomocą drewnianej żerdzi, przymocowanej łańcuchem do wahacza. Do niego przymocowana była również żerdź, napędzająca pompy odwadniające, umieszczone w szybie kopalnianym, przylegającym bezpośrednio do budynku maszyny parowej (MGW/TG/A: 304, 1799). Symetrycznie po obu stronach budynku maszyny umieszczono dwie identyczne kotłownie w których zamontowane były dwa kotły typu wagonowego, wyposażone w powrotny ciąg spalin. Wykonano je z żelaznych blach połączonych nitami (Urbański, 1997). Górna część kotła miała kształt cylindryczny, natomiast część dolną stanowiła leżąca skrzynia z wklęsłym dnem. Gorące spaliny omywały najpierw dno kotła, potem przepływały przez znajdującą się w jego wnętrzu płomienicę, z której kierowane były do przewodów spalinowych biegnących wzdłuż wszystkich bocznych ścian kotła. Potem spaliny kierowano do przewodu spalinowego, połączony z kominem. Całość otaczało wykonane ceglane obmurze, a pod paleniskiem znajdował się murowany kanał, służący do odprowadzania popiołu. Kotły tego typu miały o wiele większą powierzchnię grzewczą, niż stosowane do tej pory konstrukcje. Zapewniała to przebiegająca przez środek kotła metalowa rura (płomienica), przez którą przechodziły gorące spaliny, ogrzewające wodę. Powstała w kotle para przepływała przewodami parowymi do urządzenia sterującego, pracą maszyny. Kotłownia i kotły zasilające 40 calową maszynę parową Watta pokazano na rysunku 9.

Urządzenie to składało się z, umieszczonych w górnej części, zaworów wlotowego, wyrównawczego i znajdującego się w części dolnej, zaworu wylotowego pary. Obydwie części połączone były przewodem wyrównawczym, służącym do przepływu pary. Zawór wylotowy połączony był specjalnym przewodem ze skraplaczem pary, który łączył się z pompą skroplinową. W maszynie parowej Watta para naciskała ona od góry na tłok, powodując jego ruch w dół. W tym samym przez zawór wylotowy para spod tłoka przepływała do skraplacza. W ten sposób powstawała pod tłokiem próżnia, umożliwiająca jego ruch w dół. Potem otwierany był zawór przelotowy i para, znajdująca się nad tłokiem, ulegała rozprężaniu, przepływając pod dolną część tłoka (MGW/TG/A: 303, 1799).



Rys. 9. Kotłownia i dwa kotły 40calowej maszyny parowej w kopalni „Fryderyk” w Tarnowskich Górach. (ze zbiorów Muzeum Górnictwa Węglowego w Zabrze)

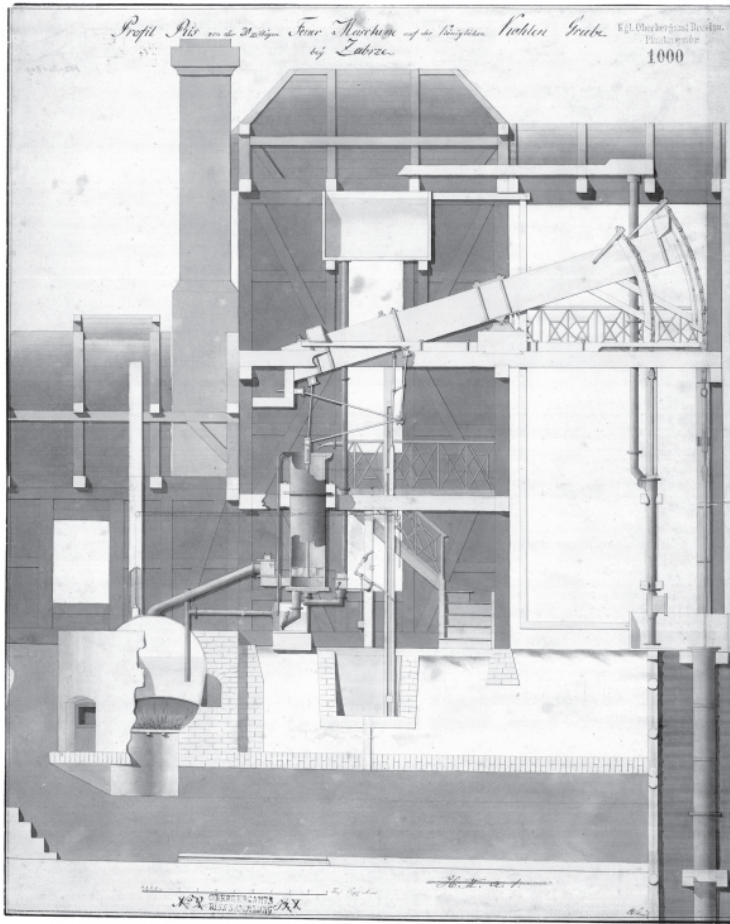
Fig. 9. Boiler-room and two steam boilers of the 40 in. Watt steam engine from the “Friedrich” mine in Tarnowskie Góry (collection of the Coal Mining Museum in Zabrze)

Malejące ciśnienie powodowało, że, ważące kilka ton żerdzie pomp odwadniających zaczynały opadać w dół, ciągnąc równocześnie wahacz, który za pośrednictwem tłoczyska, przesunął tłok do górnego położenia (Lilley, 1963). Skroplona para usuwana była ze skraplacza za pomocą pompy, która za pośrednictwem przewodów wodnych, włączala ją z powrotem do kotłów parowych. Maszyna wykonywała około 15 suwów na minutę, wypompowując 3 m³ wody na minutę z głębokości 44 metrów. Ponieważ skraplanie pary dokonywało się w skraplaczu, a sam cylinder posiadał płaszcz parowy, maszyna parowa Watta była bardziej wydajna i mniej energochłonna. Do wytworzenia 1 KM potrzebowała tylko 5 kg węgla, co było ilością ponad trzykrotnie mniejszą, niż ilość paliwa niezbędnego do pracy maszyny Newcomena (Sproule, 1992). Zainstalowana maszyna zużywała tylko 8 t węgla dziennie, a to znacznie zmniejszyło wydatki kopalni na sprowadzane z zewnątrz paliwo. Zmalały równocześnie koszty jego transportu. W 1798 r. kopalnia „Fryderyk” otrzymała szóstą 24-calową maszynę parową systemu Watta. Została ona zabudowana w szybie „Lis” w rewirze Suchej Góry. Budowę tego urządzenia wykonanego całkowicie w hucie „Mała Panew” nadzorowali John Baildon i Fryderyk August Holtzhausen.

W latach 1799–1802 w szybie „Redena” zamontowano największą tarnogórską maszynę parową systemu Watta, która posiadała cylinder o średnicy 60 cali (152 cm). Jest ona widoczna na rysunku 10. Suw tłoka wynosił 2,4 m, a przy 12 skokach na minutę maszyna wydobywała do 7,3 m³ wody z głębokości 50 metrów (Matschoss, 1908). Maszyna konsumowała do 12 t węgla na dobę, co kosztowało kopalnię 16,5 talara. Koszty budowy maszyny, dwóch kotłów i budynku, w którym została ulokowana zamknęły się w kwocie 24,8 tys. talarów. Urządzenia skonstruowane w „Królewskiej Odlewni Żelaza” w Gliwicach i hucie „Mała Panew” (Ozimek) zostały zaprojektowane przez Fryderyka Augusta Holtzhausena, który nadzorował również proces ich budowy i montażu.

W 1804 r. kopalnia otrzymała ósmą 24-calową maszynę parową systemu Watta, którą zainstalowano w szybie „Aurora”. W 1808 r. przeniesiono ją na szyb „Pokój”, a potem została zamontowana w szybie „Adolf”. Od 1835 r. pracowała ponownie w szybie „Pokój”, gdzie do 1876 r. dostarczała wody dla płuczki, wzbogacającej pozyskiwaną w kopalni rudę. (Piernikarczyk, 1933, 1937) Z problemem odwodnienia kopalń zetknięto się również podczas budowy pierwszych kopalń węgla kamiennego. Początkowo stosowano kieraty konne, które na powierzchnię wyciągały beczki, wypełnione wodą. W zabrzańskej kopalni „Królowa Luiza” za pośrednictwem szybu „Kieratowego” wyciągano 5,5-6,6 m³ wody na dobę. Ponieważ wydobywanie węgla w kopalni rosło, hr. Fryderyk von Reden polecił, aby w zabrzańskej kopalni zainstalowano maszynę parową. Nie zdecydowano się jednak na zakup nowego urządzenia, ale postanowiono sprowadzić z kop. „Fryderyk” 20-calową maszynę systemu Newcomena. W 1795 r. urządzenie zostało rozbmontowane i przewiezione furmankami do Zabrza. Rozebrano też drewniany budynek, w którym była ona zainstalowana. Również i te elementy przetransportowano do Zabrza. Maszyna została ustawiona w szybie „Piotr” i od 1796 r. napędzała pompy odwadniające wyrobiska kopalni. (Jaros, 1991) maszyna parowa odwadniająca kopalnię „Królowa Luiza została zaprezentowana na rysunku 11.

Silnik parowy ulokowano w budynku o drewnianej szkieletowej konstrukcji nakrytej drewnianym dachem 4-spadowym. Obok postawiono drewniany budynek, mieszczący kotłownię z pojedynczym kotłem parowym Newcomena. Do maszynowni przylegał drewniany dach, chroniący szyb odwadniający przed wpływem warunków atmosferycznych. Jedynie fundamenty budynku, na których ulokowana została maszyna parowa, kotłownia i kanał popiołowy były murowane (MGW/TG/A:307, 1800). W pracującej w Zabrze maszynie tłoczysko cylindra połączono z wahaczem nie przy pomocy cięgieł łańcuchowych, ale równoległoboku Watta składającego się z połączonych ze sobą ruchomych metalowych cięgieł. W ten sposób tłok maszyny parowej, podnosząc się do górnego położenia, mógł popychać wahacz, wykorzystując energię pary rozprężającej się w cylindrze (Sproule, 1992). W 1802 r. kopalnia „Królowa Luiza” otrzymała drugą 24-calową maszynę parową, którą przeznaczono do odwadniania terenu budowanej od 1799 r. Głównej Kluczowej Sztolni Dziedzicznej (MGW/TG/A: 313, 1810). Maszynę przenoszono potem kilkakrotnie, a ostatecznie zamontowano ją nad szybem wodnym, który z wyrobiskami sztolni połączony został 140-metrowym chodnikiem wodnym (Fechner, 1901). W 1806 r. maszyna ta przestała być kopalni „Królowa Luiza” potrzebna i została przekazana do państwowej kopalni węgla kamiennego „Hoym” w Biertul-

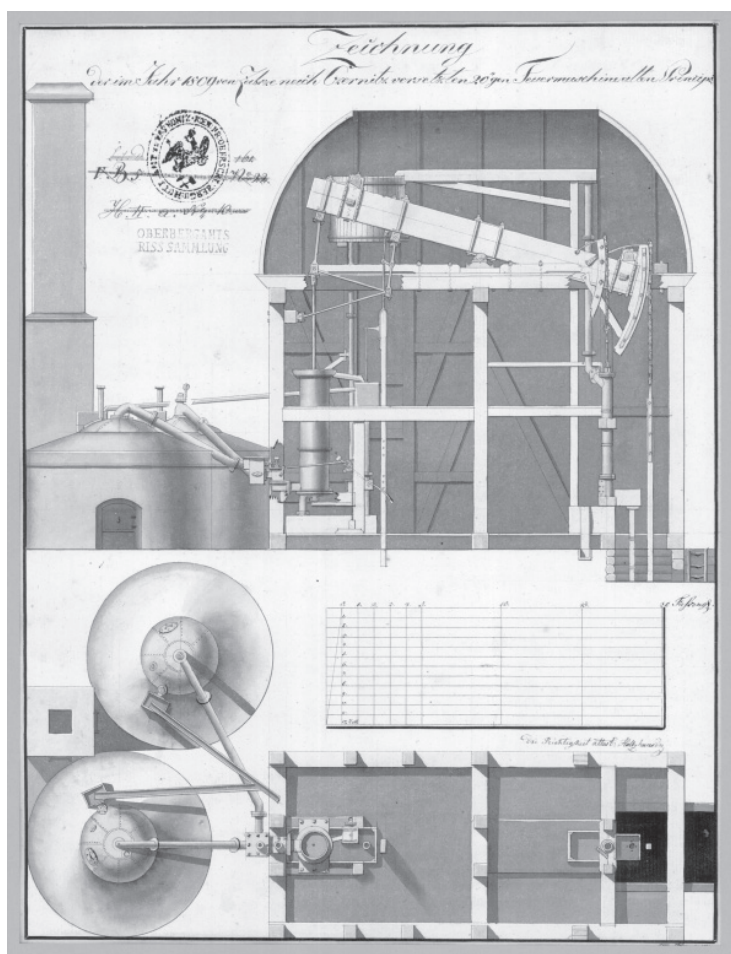


Rys. 11. 20-calowa maszyna parowa Newcomena zainstalowana w kopalni węgla kamiennego „Królowa Luiza” w Zabrze. (ze zbiorów Muzeum Górnictwa Węglowego w Zabrzu)

Fig. 11. 20 in. Newcomen steam engine, once installed in the “Königin Luise” coal mine in Zabrze (collection of the Coal Mining Museum in Zabrze)

towach (Frużyński, 2009). Gdy pokłady węgla kamiennego, znajdującego się w pobliżu szybu „Piotr” kopalni „Królowa Luiza”, zostały wybrane władze górnicze sprzedały zainstalowaną tam maszynę parową prywatnej kopalni węgla kamiennego „Charlotta” w Czernicy. Jest ona widoczna na rysunku 12. Stało się to w 1809 r. i było niezmiernie ważnym wydarzeniem, gdyż właściciele prywatnych kopalń bardzo rzadko decydowali się na instalację tego typu urządzeń, a główną przeszkodą w ich rozpowszechnieniu była wysoka cena (Slota, 1985).

W 1797 r. druga państwowa kopalnia węgla „Król” w Chorzowie otrzymała również 24-calową maszynę parową odwadniającą systemu Newcomena (Jaros, 1962; Fechner, 1901). Urządzenie zaprezentowane zostało na rysunku 13. Ponieważ wypompowywana z kopalni woda zawierała związki siarki, bardzo szybko niszczyła metalowe i miedziane

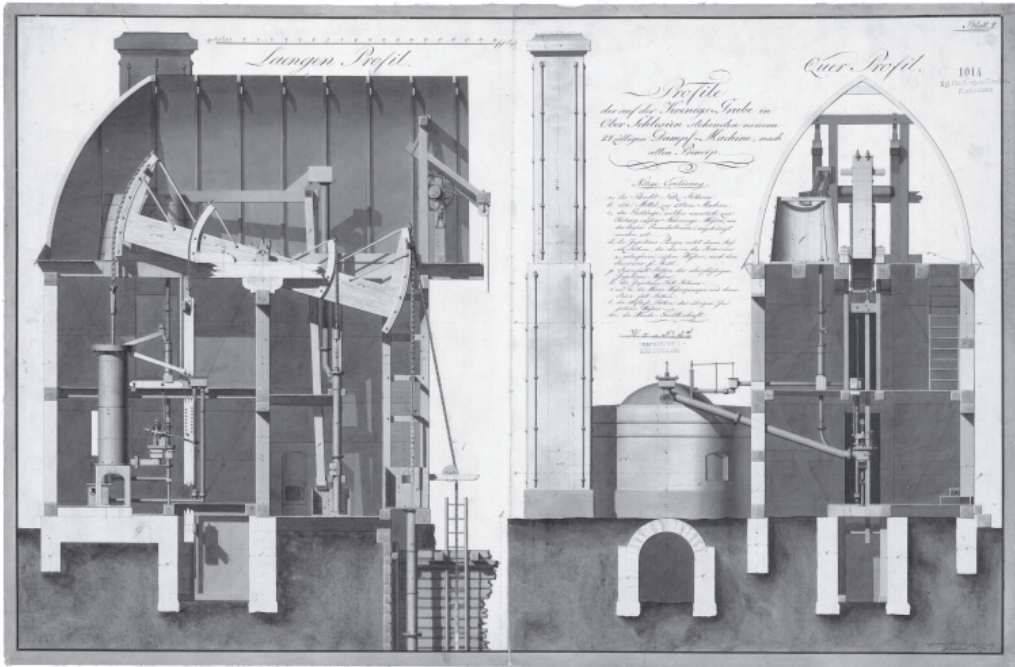


Rys. 12. 20-calowa maszyna parowa przeniesiona z kopalni „Królwa Luiza” na kopalnię „Charlotte” w Czernicy (ze zbiorów Muzeum Górnictwa Węglowego w Zabrze)

Fig. 12. 20 in. steam engine, moved from the “Königin Luise” mine to the “Charlotte” mine in Czernica (collection of the Coal Mining Museum in Zabrze)

części urządzenia. Wymagały one wielokrotnych napraw, lub były wymieniane na nowe. Większość maszyn parowych była zasilana w wodę z, budowanych specjalnie do tego celu, pomp dostarczających nie zakwaszoną wodę pitną.

Jeżeli kopalnie rud metali przodowały w instalacji maszyn parowych odwadniających, to do kopalń węgla kamiennego należy pierwszeństwo w zastosowaniu maszyn parowych wyciągowych. W górnośląskich kopalniach węgla urobek wyciągano początkowo przy pomocy ręcznych kołowrotów, a gdy na początku XIX w. wydobywanie wzrosło, zastosowano bardziej wydajne kieraty konne (Jaros, 1963). Dwukonny kierat, zamontowany w 1800 r. w szybie „Henrietta” kopalni „Król” w Chorzowie, wyciągał w czasie 12-godzinnej dniówki 44 t urobku z głębokości 35 m (rys. 14). Takie samo urządzenie, poruszone przez

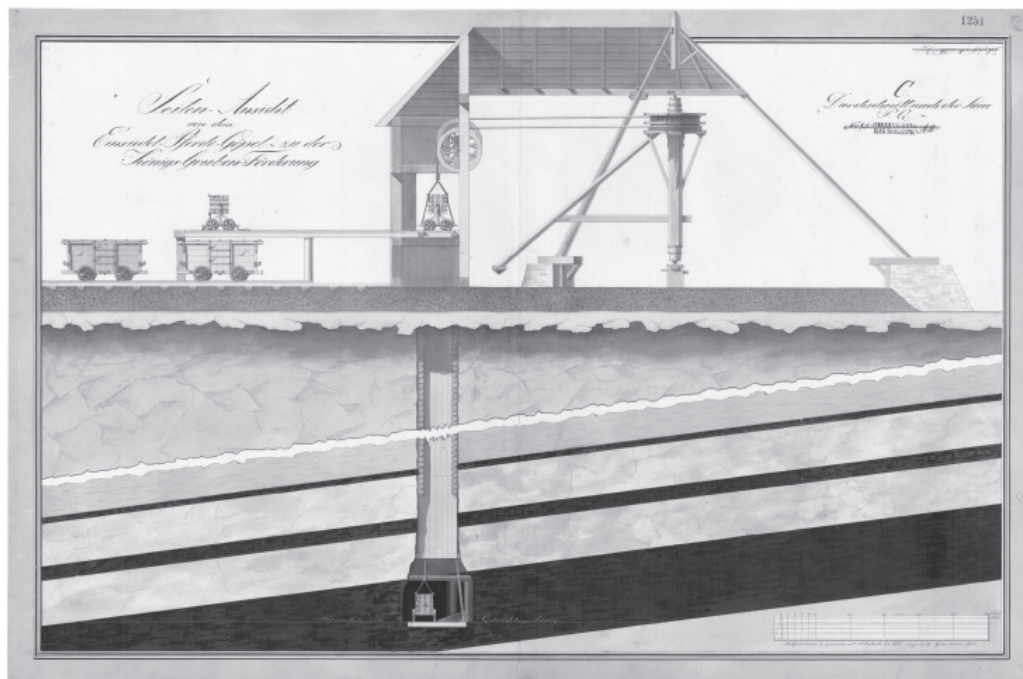


Rys.13. 24-calowa maszyna parowa zainstalowana w kopalni „Król” w Chorzowie
(Królewska Huta; ze zbiorów Muzeum Górnictwa Węglowego w Zabrze)

Fig. 13. 24 in. steam engine, once installed in the “König” mine in Chorzów
(Królewska Huta; collection of the Coal Mining Museum in Zabrze)

jednego konia, funkcjonujące w szybie Einsiedel wydobywało na powierzchnię 26 t węgla dziennie z 40-metrowego szybu (Jaros, 1962).

Ponieważ koszty wydobycia węgla przy pomocy kieratów konnych były wysokie w 1814 r. w kopalni „Król” w Chorzowie zamontowano pierwszą maszynę parową wyciągową systemu Watta (rys. 15). Urządzenie zostało zainstalowane w budynku o drewnianej konstrukcji, nakrytej dachem 3-spadowym. Jedynie fundamenty, na których ustawiono maszynę, kotły i komin, były murowane. Do budynku przylegała wieża szybowa, również drewnianej konstrukcji, nakryta dachem 4-spadowym. Na jej szczycie zamontowano dwa drewniane koła linowe. Taka konstrukcja budynku umożliwiała jego szybkie rozebranie i zamontowanie na innym szybie kopalni. Maszyna parowa posiadała pojedynczy pionowy cylinder o średnicy 16 cali (42 cm). Tłok był połączony za pomocą tłoczyska i prostowodu Evansa z wahaczem, który przenosił posuwisto-zwrotny ruch tłoka na korbówód przymocowany do jego drugiego końca. Korbówód zamieniał ruch posuwisto-zwrotny na obrotowy za pośrednictwem korby zamocowanej na końcu drewnianego wału. Na tym samym wale znajdowało się drewniane koło zamachowe i przekładnia zębata, poruszająca, ulokowany nad nią drewniany bęben linowy o średnicy 2 metrów. Niezbędnej do pracy pary, o ciśnieniu 1,5 atm. dostarczały dwa kotły wodne, ustawione symetrycznie po dwóch stronach cylindra maszyny parowej (MGW/TG/A:609, 1820).

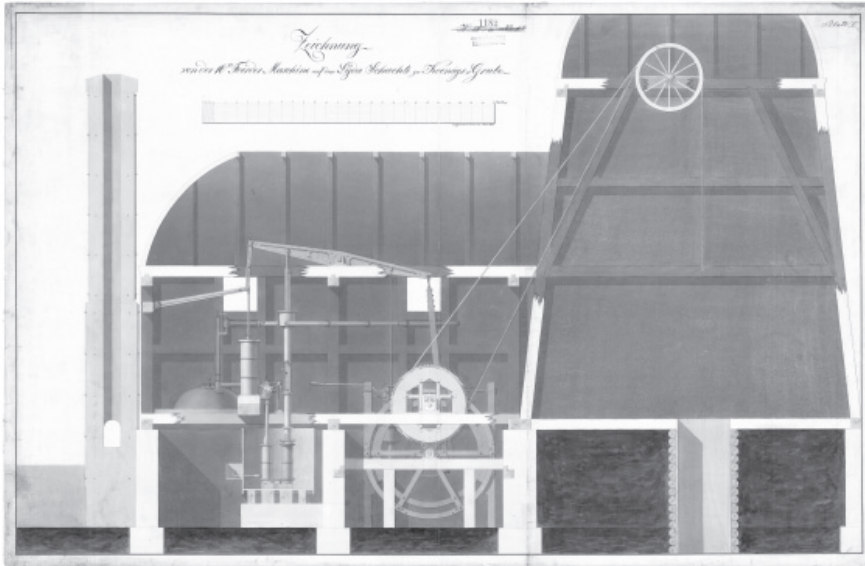


Rys. 14. Kierat konny wciągający urobek szybem Einsiedel w kopalni „Król” w Chorzowie (Królewska Huta; ze zbiorów Muzeum Górnictwa Węglowego w Zabrze)

Fig. 14. Horse gear for hoisting mined rock up the Einsiedel shaft in the “König” mine in Chorzów (Królewska Huta; collection of the Coal Mining Museum in Zabrze)

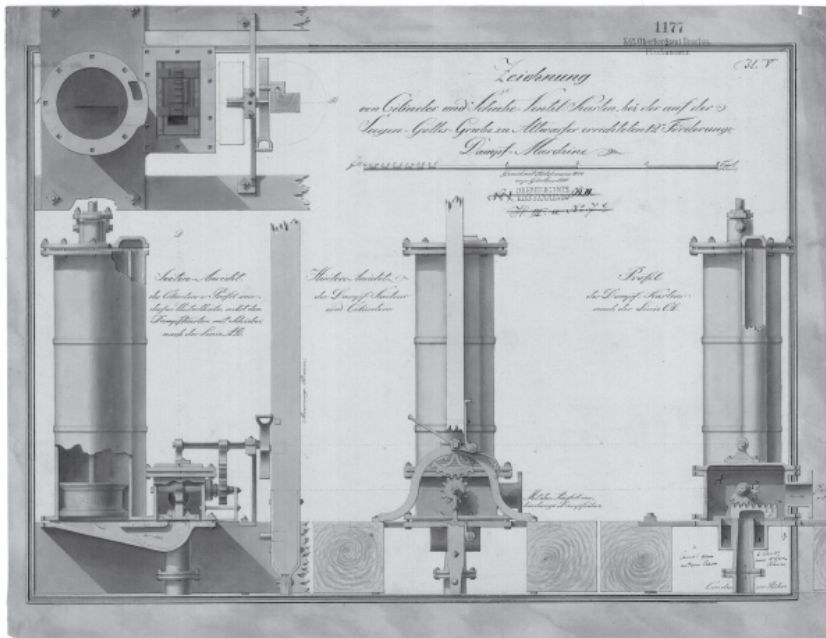
Maszyna wyciągowa miała bardziej skomplikowane sterowanie, gdyż para wykonywała w niej pracę, dwukrotnie naciskając naprzemiennie na górną i dolną powierzchnię tłoka (rys. 16). W zamontowanej maszynie nie zastosowano jednak zaworowego rozrządu pary Watta, ale opracowany w 1807 r. rozrząd suwakowy patentu Alberta-Martina (Matschoss, 1908).

Stanowisko maszynisty ulokowane zostało obok koła zamachowego, które równocześnie wyposażono w hamulec szczękowy umożliwiający zatrzymanie maszyny. W ciągu doby maszyna parowa wyciągała na powierzchnię ponad 102 t, a koszty tego przedsięwzięcia były o 3 grosze mniejsze, niż wydobycie takiej samej ilości węgla za pomocą kieratu konnego. Dlatego też w 1819 r. na szybie „Lyda” zamontowano drugą parową maszynę wyciągową, wyposażoną również w cylinder o średnicy 16 cali (42 cm) (Jaros, 1962). Ciekawe są natomiast dalsze losy pierwszej tarnogórskiej maszyny parowej, która służyła górnikom jeszcze przez wiele lat. Wyciągała wodę z szybów „Abraham” i „Pachały”. W 1801 r. przeniesiono ją na szyb „Fryderyk” sztolni „Pomagaj Bóg”. Uległa ona wtedy przebudowie, mającej zapewnić mniejsze zużycie paliwa. Projekt modernizacji maszyny został przygotowany przez Fryderyka Augusta Holtzhausena. Nie zdecydował się on całkowite zastosowanie systemu Watta, dodając jedynie do istniejącego już urządzenia skraplacz, pary wraz z pompą skroplinową. Zamontowanie skraplacza pary



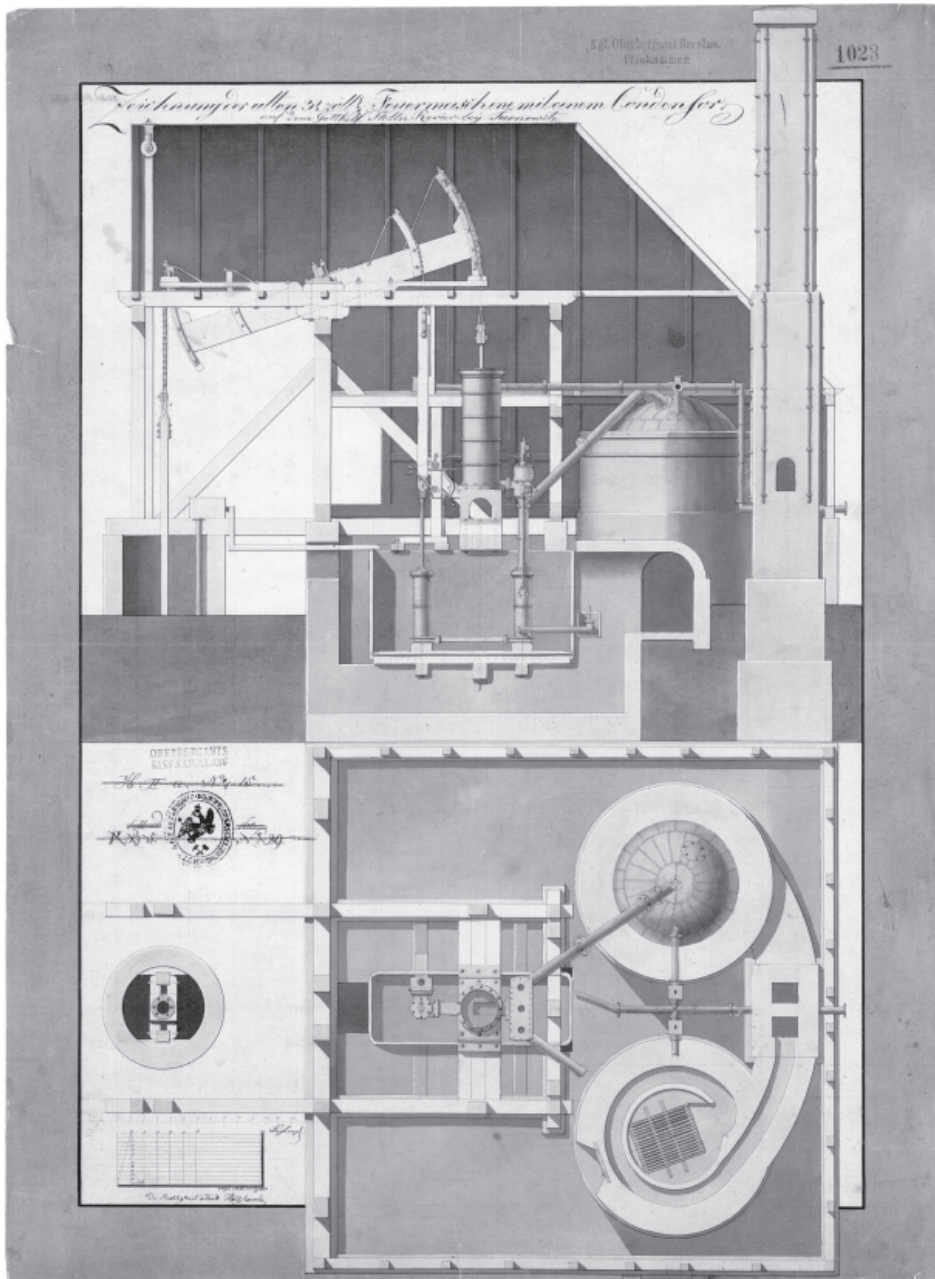
Rys. 15. 16-calowa parowa maszyna wyciągowa zainstalowana w szybie Lyda kopalni „Król” w Chorzwie (Królewska Huta; ze zbiorów Muzeum Górnictwa Węglowego w Zabrze)

Fig. 15. 16 in. steam winding engine, once installed in the Lyda shaft of the “König” mine in Chorzów (Królewska Huta; collection of the Coal Mining Museum in Zabrze)



Rys. 16. Cylinder i rozrząd pary parowej maszyny wyciągowej (ze zbiorów Muzeum Górnictwa Węglowego w Zabrze)

Fig. 16. Cylinder and steam distributor of a steam winding engine



Rys. 17. 32-calowa maszyna parowa systemu Newcomena z kopalni „Fryderyk” w Tarnowskich Górach, wyposażona w skraplacz i pompę skroplinową (ze zbiorów Muzeum Górnictwa Węglowego w Zabrze)

Fig. 17. 32 in. Newcomen steam engine from the “Friedrich” mine in Tarnowskie Góry, equipped with a condenser and a condensate extraction pump (collection of the Coal Mining Museum in Zabrze)

stało się możliwe, gdyż w 1800 r. wygasła ochronna patentowa, rozwiązań technicznych zastosowanych przez Watta (Sproule, 1992). Dzięki temu posunięciu zmniejszono znacznie zapotrzebowanie na węgiel, gdyż para nie skraplała się już w cylindrze i tym samym zbędnym stało się ciągle ogrzewanie jego ścian bocznych. Zmodernizowana maszyna jest widoczna na rysunku 17.

Gdy w 1834 r. ukończono budowę sztolni „Fryderyka”, zarząd kopalni podjął decyzję o sprzedaży maszyny, którą kupiła kopalnia „Król” w Chorzowie. Gdy po kilku latach pracy przestała ona być w Chorzowie potrzebna, sprzedano ją do prywatnej kopalni „Fanny”, gdzie pracowała do 1857 r. (Piernikarczyk, 1933). Potem tworzącą ją elementy zostały przetopione, a uzyskany w ten sposób metal, posłużył do budowy innych maszyn górniczych. Mimo, że maszyny parowe wyciągowe i odwadniające były wydajniejsze i bardziej ekonomiczne od urządzeń poruszanych siłą koni, ich wysoka cena powodowała, że mogły je kupować jedynie bogate kopalnie. Ilość maszyn parowych rosła więc bardzo powoli i w 1826 r. na 52 kopalniach węgla kamiennego pracowały tylko 3 parowe maszyny wyciągowe i 6 odwadniających. Dopiero w drugiej połowie XIX w. wzrosła ilość zamontowanych maszyn parowych. W 78 kopalniach pracowało wtedy 26 maszyn wyciągowych, 38 odwadniających i 5 uniwersalnych, wykorzystywanych równocześnie do transportu i odwadniania (Jaros, 1963). Pojawienie się w 1788 r. maszyn parowych zrewolucjonizowało historię górnictwa, gdyż po raz pierwszy w jego długiej historii pojawiło się urządzenie, które uniezależniło górnika od pracy własnych rąk, siły zwierząt, lub mocy natury. Ponieważ do ich pracy niezbędna była para wytwarzana w kotłach, zapoczątkowana została równocześnie rola węgla kamiennego jako nowego uniwersalnego paliwa. Jednocześnie górnictwo było poligonem doświadczalnym, na którym zaznajamiano się z wszystkimi aspektami pracy maszyny parowej. Zdobyta wiedza pozwoliła na zastosowanie tego epokowego wynalazku w wielu innych dziedzinach przemysłu.

Literatura

1. AGRICOLA G., *De re metalica libri XII*, Bazylea 1556.
2. BECKE A. (red.), *Der Freiburger Bergbau Technische Denkmale und Geschichte*, Leipzig 1984.
3. FECHNER H., *Geschichtedes Schlesischen Berg- und Hüttenwesens 1741 bis 1806*. [w:] Zeitschrift für das Berg-,Hütten- und Salinen-Wesen im Preussischen Staate, Berlin 1901.
4. FRUŻYŃSKI A., *Rewolucja hrabiego Redena*, [w:] Śląsk nr.2 z 1999, Katowice 1999.
5. FRUŻYŃSKI A., *Powstanie przemysłu górniczo-hutniczego na Górnym Śląsku*, [w:] *Od maszyny parowej do kolei żelaznej*, red. A. Frużyński, P. Mrass, Ratingen–Zabrze 2004.
6. FRUŻYŃSKI A., *Historia górnictwa w Rybniku do 1939 r.*, [w:] *Karty z dziejów powiatu rybnickiego*, red. D. Keller, B. Kloch, Rybnik 2009.
7. GŁADYSZ A., *Skarby ciemności*, Warszawa 1965.
8. JAROS J., *Historia kopalni Król w Chorzowie*, Katowice 1962.
9. JAROS J., *Dwa wieki kopalni „Zabrze–Bielszowice”*, Zabrze 1991.
10. JAROS J., *Historia górnictwa węglowego w Zagłębiu Górnos Śląskim do 1914*, Wrocław 1963.
11. LILLEY S., *Ludzie maszyny i historia*, Warszawa 1963.

12. MATSCHOSS C., *Die Entwicklung der Dampfmaschine*, Berlin 1908.
13. MANTOUX P., *Revolucja przemysłowa w XVIII wieku*, Warszawa 1957.
14. NIEMIEROWSKI W., *Fryderyk Reden (1752–1815)*, Katowice 1988.
15. NOWAK J., *Kronika miasta i powiatu Tarnowskie Góry*, Tarnowskie Góry 1927.
16. PAZDUR J., (red.), *Zarys dziejów górnictwa na ziemiach polskich, tom I*, Katowice 1960
17. PIERNIKARCZYK J., *Tarnowskie Góry kolebka przemysłu śląskiego*, Katowice 1926.
18. PIERNIKARCZYK J., *Podziemia Tarnogórskie*, Tarnowskie Góry 1937.
19. PIERNIKARCZYK J., *Historia górnictwa i hutnictwa na Górnym Śląsku*, tom I, Katowice 1933.
20. SLOTTA R. *Das Carnall-Service als Dokument des Oberschlesischen Metallergbergbaus*, Bochum 1985.
21. SPROULE A.,; *James Watt*, Warszawa 1992.
22. URBĄŃSKI P., *Dwa wieki napędu mechanicznego statków*, Gdańsk 1997.
23. WAGENBRECHT O, WACHTLER E., *Dampfmaschinen*, Leipzig 1985.
24. MGW/TG/A: 665, *Kunst wodny pracujący w kopalni „Fryderyk” w Tarnowskich Górach*, rys. Reinhard , Tarnowskie Góry, 1786, skala 1:100, OBB 1229
25. MGW/TG/A: 510, *plan ustawienia 32 calowej maszyny parowej poruszającej pompy odwadniającej szybów Kunst i Pachały*, rys. Fischer, Tarnowskie Góry, początek XIX w., skala 1:50, OBB 1109.
26. MGW/TG/A: 335, *kocioł parowy 32 calowej maszyny parowej*, rys. Kinzel, Tarnowskie Góry, 1806, skala 1:10, OBB 1011.
27. MGW/TG/A: 333, *cylinder, tłok i tłoczysko 32 calowej maszyny parowej*, rys. Kinzel, Tarnowskie Góry, 1806, skala 1:10, OBB 1011.
28. MGW/TG/A: 330, *wahacz 32 calowej maszyny parowej*, rys. Kinzel, Tarnowskie Góry, 1806, skala 1:10, OBB 1011.
29. MGW/TG/A: 304, *40 calowa maszyna parowa systemu Watta pracująca w kopalni „Fryderyk”*, rys. J. G. Gartner, Tarnowskie Góry, 1799, skala 1:50, OBB 998
30. MGW/TG/A: 303, *przekrój poziomy budynku maszyny parowej i kotłowni 40 calowej maszyny parowej w kopalni „Fryderyk” w Tarnowskich Górach*, rys. J. G. Gartner, Tarnowskie Góry, 1799, skala 1:50, OBB 998.
31. MGW/TG/A: 307, *20 calowa maszyna parowa przeniesiona z sztolni Boże Pomóż na kopalnię Królowa Luiza w Zabrze*, rys. Schmidt, Zabrze, 1800, skala 1:25, OBB 1000.
32. MGW/TG/A: 313, *24 calowa maszyna parowa starego typu pracująca w Zabrze w kopalni Królowa Luiza*, rys. Schmidt, Zabrze, 1810, skala 1:22, OBB 1004, MGW/TG/A: 314, *przekrój poziomy budynku mieszczącego 24 calową maszyną parową starego typu i kotłownię zainstalowane w Zabrze na kopalni Królowa Luiza*, rys. Schmidt, Zabrze, 1810, skala 1:22, OBB 1004,
33. MGW/TG/A:609, *16-calowa parowa maszyna wyciągowa zamontowana na szybie Lyda, kopalni „Król”*, rys. von Murr, Królewska Huta, 1820, skala 1:20, OBB 1182

THE FIRST STEAM ENGINES IN THE UPPER SILESIAN MINING

For centuries, many kinds of pumps were used to remove water from mines, powered by treadwheels or water wheels. However, horse gears were the most widespread kind of motive power, which required a large number of horses to be kept by mines. Drainage adits were also built for the same purpose. The problem of

draining mines appeared in the Upper Silesian mining in the late 18. century, as the Prussian authorities initialized the construction of modern-style mines and ironworks. In 1788, on the initiative of the count Friedrich von Reden, the first Upper Silesian steam engine was installed in the silver and lead mine “Friedrich” in Tarnowskie Góry. A Newcomen steam engine with a 32 in. cylinder, it propelled the drainage pumps. Because of its excessive consumption of coal, in 1796 it was replaced by a Watt steam engine. In 1795 – 1797 the mines “Königin Luise” in Zabrze and “König” in Chorzów received their first steam engines. In 1814, in the latter the first steam winding engine was installed. The introduction of steam engine revolutionized the history of mining by making miners independent from the power of their own hands, animals or nature.