Anna Pocica, Marcin Pocica

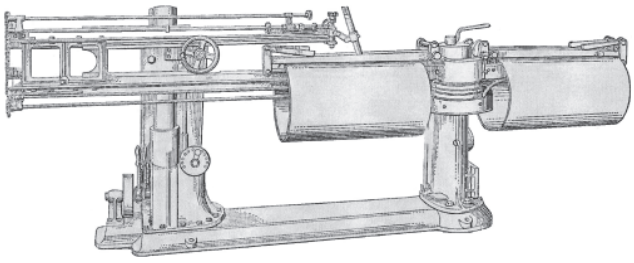
Mechanizacja drogą postępu w spawalnictwie

Praca ludzka, żmudna i wymagająca wysiłku, wraz z rozwojem cywilizacji była zastępowana pracą coraz bardziej skomplikowanych urządzeń. Wynalezienie silnika parowego i odkrycie elektryczności zrewolucjonizowało technikę i pozwoliło na mechanizację w wielu gałęziach przemysłu.

Szeroko rozumiane spajanie, początkowo wykonywane metodami rzemieślniczymi przy użyciu najprostszych narzędzi, przez lata ulegało licznym modyfikacjom. Najistotniejsza dla tej technologii była druga połowa XIX wieku, kiedy dokonano odkryć w dziedzinie chemii i fizyki, pozwalających opracować nowe rozwiązania dla spawalnictwa.

Przez wiele lat dominującą metodą stosowaną w przemyśle było spawanie acetylenowo-tlenowe, zastosowane po raz pierwszy przez Charlesa Picarda w 1901 r. [1] i opatentowane rok później przez Edmonda Fouche [2].

Ponieważ jakość uzyskiwanych spoin w dużym stopniu zależała tu od umiejętności spawacza, więc aby wyeliminować błędy, i zwiększyć wydajność spawania, rozpoczęto próby zmechanizowania tego procesu. Już w 1907 r., czyli sześć lat po skonstruowaniu pierwszego palnika do spawania acetylenowo-tlenowego, we Francji zastosowano maszynę do spawania zbiorników i części kotłów, a kilka lat później wykorzystywano maszyny do produkcji kotłów kuchennych, beczek i skrzynek z blach stalowych o grubości 2,3 mm. Elementy łączono bez użycia materiału dodatkowego, dlatego konstrukcja maszyny była stosunkowo prosta [1]. Jedną z takich maszyn zbudowano w firmie Davis-Bournoville (rys. 1).



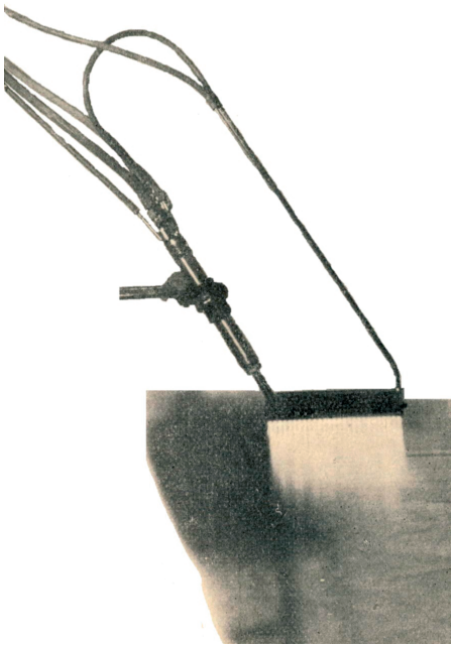
Rys. 1. Urządzenie „Duograph" do zmechanizowanego spawania acetylenowo-tlenowego [3]

Urządzenie to o nazwie „Duograph" przeznaczone było do spawania wzdłużnego bębnów i pojemników ciśnieniowych. Składało się ono z dwuramiennego uchwytu głowicy rewolwerowej i elementu do mocowania blachy z zaciskami chłodzonymi wodą. Zastosowano specjalne palniki, których końcówki były ustawione w osi spawanego przedmiotu. Głowica była chłodzona wodą doprowadzaną za pomocą gumowego węża i odprowadzaną drugim. Prędkość spawania pojemnika o średnicy 320-900 mm wynosiła 27 m/h [3].

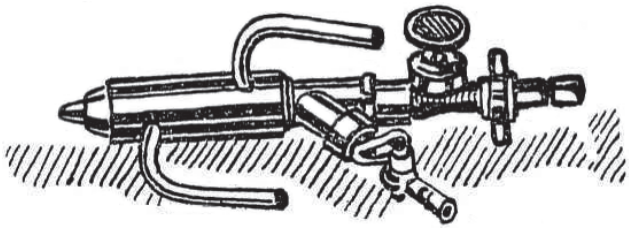
Wysoki koszt wytworzenia takich maszyn spowodował, że ich zastosowanie było opłacalne tylko w przypadku produkcji seryjnej przedmiotów o określonym kształcie.

W zależności od przeznaczenia maszyny do spawania acetylenowo-tlenowego można było podzielić na trzy grupy: do wytwarzania bębnów i zbiorników, do produkcji rur oraz łączenia blach płaskich [4-8]. Były też maszyny uniwersalne, pozwalające na spawanie dowolnych elementów cylindrycznych i blach [7].

Do spawania stosowano palniki jednopłomieniowe a także wielopłomieniowe o szerokości płomienia 32-250 mm (rys. 2), na ogół chłodzone wodą (rys. 3) [8-9].



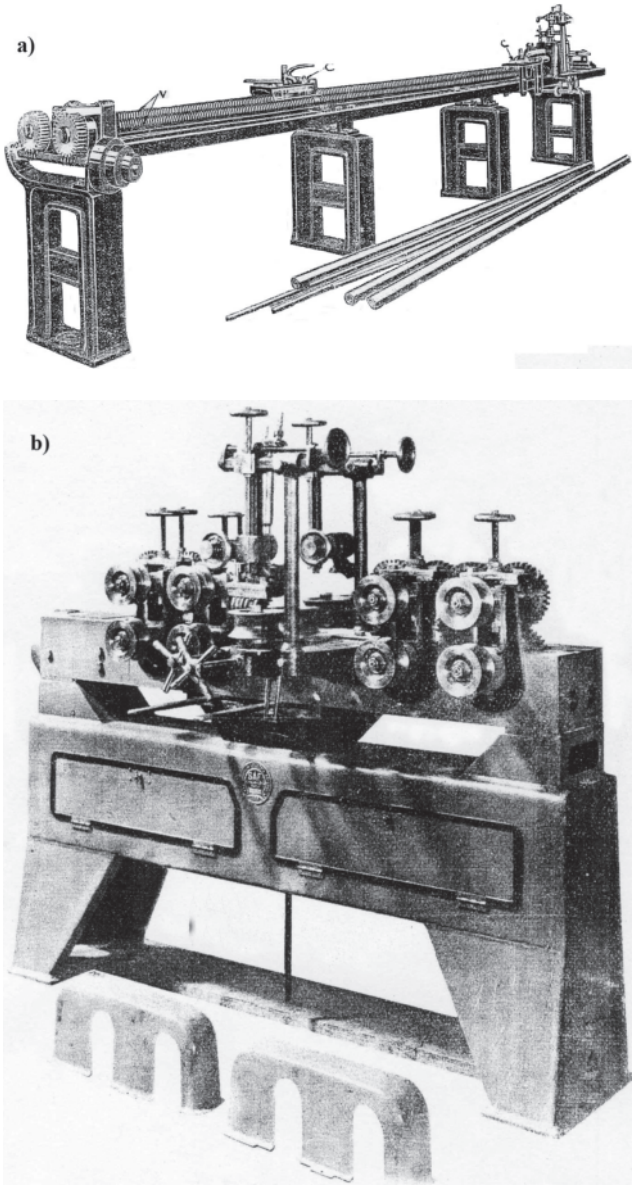
Rys. 2. Palnik wielopłomieniowy [9]



Rys. 3. Palnik chłodzony wodą [8]

Chłodzenie było niezbędne, gdyż w wyniku nagrzewania się palnika, a w efekcie zmiany w stosunku objętościowym gazów w mieszance, następowało rozregulowanie płomienia. W związku z tym korpus palnika i końcówki były chłodzone wodą. Cyrkulacja wody w palniku odbywała się w komorze zewnętrznej, a w końcówce przez przewody zamontowane w materiale końcówki. Zużycie wody wynosiło 120-125 l/godz. [4]. W zależności od konstrukcji maszyny i jej przeznaczenia palnik był nieruchomy, a przesuwał się spawany element lub palnik przesuwał się wzdłuż nieruchomego przedmiotu. Pierwsze rozwiązanie stosowano przy spawaniu rur, drugie w pozostałych przypadkach [7-8].

Maszyny do spawania rur można było podzielić na dwie grupy: urządzeń do spawania rur o długości ograniczonej przez wymiary maszyny (rys. 4) oraz o nieograniczonej długości (rys. 5). Maszyny te były produkowane zarówno w Europie, jak i Stanach Zjednoczonych, przy czym urządzenia amerykańskiej firmy „Air Reduction Co" pozwalały osiągnąć znacznie większą sprędkość spawania niż ich europejskie odpowiedniki [9].

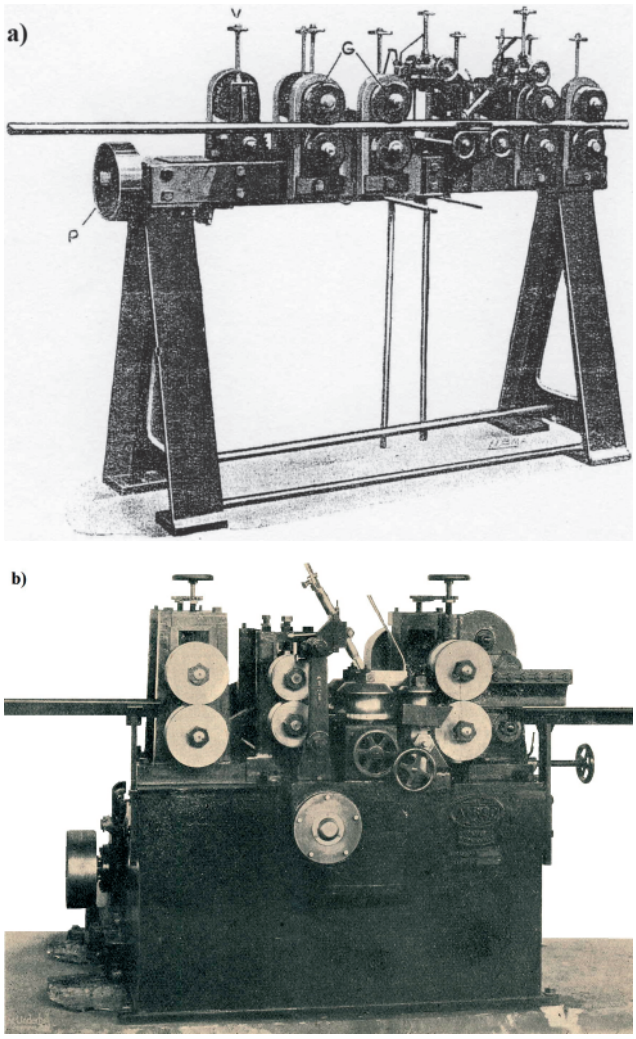


Rys. 4. Maszyny do spawania rur o ograniczonej długości [4, 7]

Firma „Air Reduction" produkowała trzy modele maszyn. Urządzenie Airco 2 było przeznaczone do spawania rur o średnicy 12-100 mm i grubości ścianki 0,6-4,75 mm. Zasilane było prądem stałym, silnikiem o mocy 5 KM, a skrzynia biegów umieszczona była w podstawie maszyny. Prędkość spawania wynosiła 0,6-4,5 m/min.

W modelu Airco 3 skrzynia biegów została zastąpiona kompletem kół zębatych o różnej średnicy. Maszyna ta była przeznaczona do wytwarzania rur o grubości ścianki 2,5 mm, a prędkość spawania wynosiła 3-9 m/min.

Kolejny model Airco 5 (rys. 5b) był w zasadzie identyczny z Airco 2, jednak dodatkowo posiadał urządzenie



Rys. 5. Maszyny do spawania rur o nieograniczonej długości [7,9]

pozwalające na obróbkę wykończeniową, czyli wyszlifowanie spoin oraz prostowanie i centrowanie rury. Przy spawaniu stali niskowęglowej (do 0,1% C) zużycie tlenu wynosiło 4500-6200 l/godz., a acetylenu 3000-4500 l/godz., prędkość spawania wahała się od 6 do 8 m/min, w zależności od średnicy rury i grubości ścianki. Przy spawaniu stali o wysokiej wytrzymałości prędkość spawania zmieniała się od 4,5 do 5,1 m/min, zużycie tlenu wynosiło około 5500 l/godz, a acetylenu 4350-4600 l/godz. Rury o znacznej średnicy podgrzewano, co pozwalało zwiększyć prędkość spawania i obniżyć zużycie gazów [9].

Przesuwanie rur podczas spawania można było prowadzić różnymi sposobami. Jednym z rozwiązań było umieszczenie rur na wózku (C), który toczył się po rolkach i był wprawiany w ruch przez śrubę (V) (rys. 4a) [7].

Inny sposób przesuwania rur zastosowano w maszynie Soundre Autogene Francaise (S.A.F.) (rys. 4b) [4]. Maszyna ta miała dwa tory do spawania, dwie podłużnice stalowe umieszczone na ramie, na których umocowano wały, śruby pociągowe, koła zębate, łożyska, krążki oraz oprawy palników. Każdy tor spawania zawierał cztery pary krążków pionowych i jedną parę krążków poziomych. Dwie pary krążków pionowych (tzw. krążki kierujące) były obracane w kierunku posuwu poprzez przekładnię zębatą. W każdym z krążków górnych znajdował się nóż, który umieszczano w szcze-

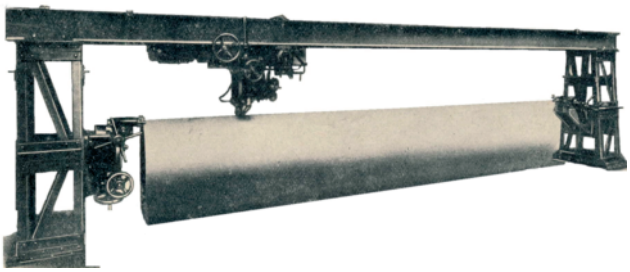
linie rury przed spawaniem. Docisk krążków do rury regulowano ręcznie za pomocą pionowej śruby. Pozostałe krążki pionowe współdziałały z krążkami kierującymi i przesuwały rurę, gdy jej koniec opuścił krążki kierujące. Krążki poziome (tzw. krążki zbliżające) były nieruchome i dociskały krawędzie rury w momencie, gdy przechodziła ona pod palnikiem. W rozwiązaniu tym można było stosować palniki mieszankowe z komorą chłodzoną wodą, a także palniki wielopłomieniowe, co pozwalało na zwiększenie prędkości spawania. Maszyna ta pozwalała spawać rury o średnicy 50-70 mm i grubościach ścianki 1,5-3 mm [4].

W maszynach do spawania rur o nieograniczonej długości (rys. 5a) rura była przesuwana za pomocą rolek (G) wprawianych w ruch silnikiem przez kółko (P), śruby i koła zębate. Odstęp rolek, w zależności od średnicy rury regulowano pokrętłem (V) [7].

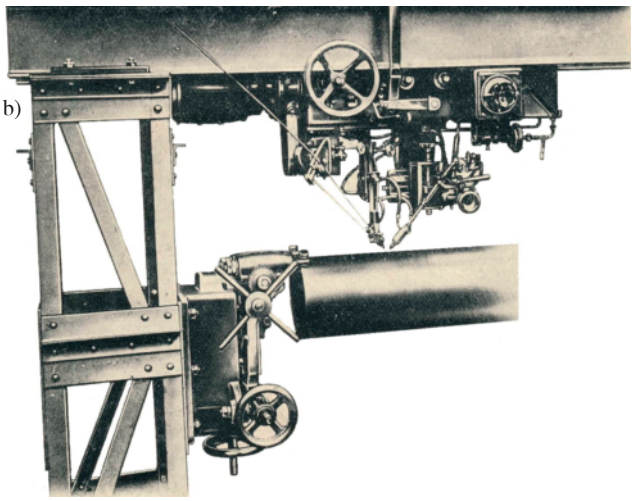
Można było również wytwarzać rury o nieograniczonej długości poprzez łączenie ich ze sobą. W maszynie firmy Air Reduction rurę ustawiano na wałkach obracających się podczas spawania. Przed spawaniem rury były ukosowane, a następnie sczepiane. Palniki miały specjalne końcówki, dzięki którym płomienie układały się w kształcie wieńca otaczającego drut posuwany za pomocą małego silnika. W zależności od średnicy rur można było wykonać 10 połączeń na godzinę (∅ 300) do 18 połączeń (∅ 150 mm) [9].

Maszyny do spawania przedmiotów cylindrycznych pozwalały na wytwarzanie bębnów, zbiorników, naczyń, a także umożliwiały spawanie blach płaskich [7-8]. Maszynami typu „Mauser" można było również spawać rury kotłowe, tylne mosty samochodów, części o ściankach stożkowych oraz bębny wieloboczne [5].

a)



b)

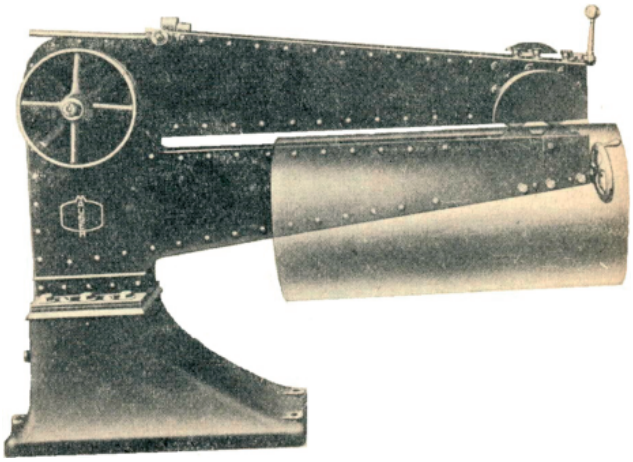


Rys. 6. Maszyna do spawania bębnów. Model L.W. 6000.
a) widok ogólny, b) część przednia maszyny

Urządzenie „Mauser" L. S. 1300 było przeznaczone do wykonywania bębnów o średnicy min. 220 mm, grubości ścianki 0,5-5 mm i długości 1300 mm. Wyposażone było w palnik jednopłomieniowy chłodzony wodą i napędzane silnikiem o mocy 1 KM. Włączanie maszyny następowało przez użycie sprzęgła wprawianego w ruch pedałem, natomiast zatrzymanie było automatyczne. Prędkość spawania, w zależności od grubości blachy, wynosiła od 15 do 21 m/h, zużycie acetylenu 12-55 l/h, a tlenu 14-65 l/h [5].

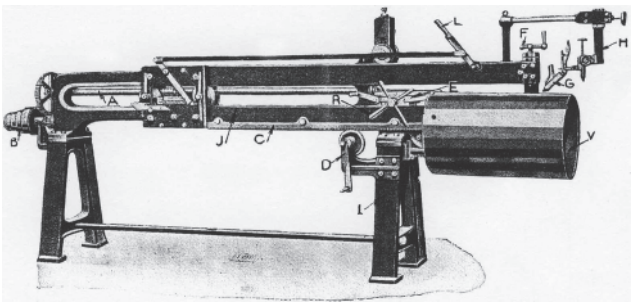
Kolejne urządzenie tej firmy - L. S. 2500 miało taką samą konstrukcję, jednak pozwalało na wykonywanie bębnów o długości 2,5 m. W maszynach L. S. 6000 (rys. 6) znacznie zwiększono ramę, co umożliwiało spawanie elementów o długości 6 m, średnicy 250-1000 mm, przy grubości ścianki 3-5 mm.

Firma „Mauser" produkowała również maszynę do centrowania bębnów po spawaniu i wygładzania spoin (rys. 7). Można ją było stosować do bębnów o maksymalnej długości 1,25 m, a jej wydajność wynosiła 40-80 m/godz.



Rys. 7. Maszyna do centrowania bębnów [4]

W kolejnej maszynie bęben do spawania (rys. 8) był przytrzymywany podwójnymi kleszczami (E) umocowanymi na podstawie maszyny. Śrubą regulacyjną (R) oddalano lub zbliżano do siebie szczęki kleszczy, a tym samym regulowano odległość krawędzi blach. Palnik chłodzony wodą, był zamontowany na suporcie (H), umocowanym do ramy (J), która przesuwała się po rolkach po szynie podstawy (I). Posuw ramy realizowano za pomocą śruby napędzanej silnikiem elektrycznym poprzez zespół kół pasowych i zębatych. Posuw w tył był możliwy przez przekręcenie rączki (D), która za pośrednictwem koła zębatego przesuwała zębatkę (C) umocowaną do ramy. Maszyny takie stosowano

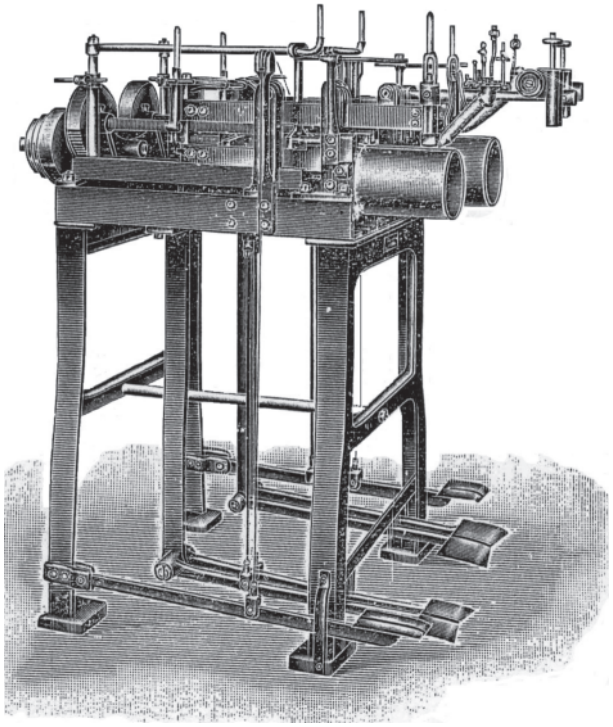


Rys. 8. Maszyna do spawania bębnów [7]

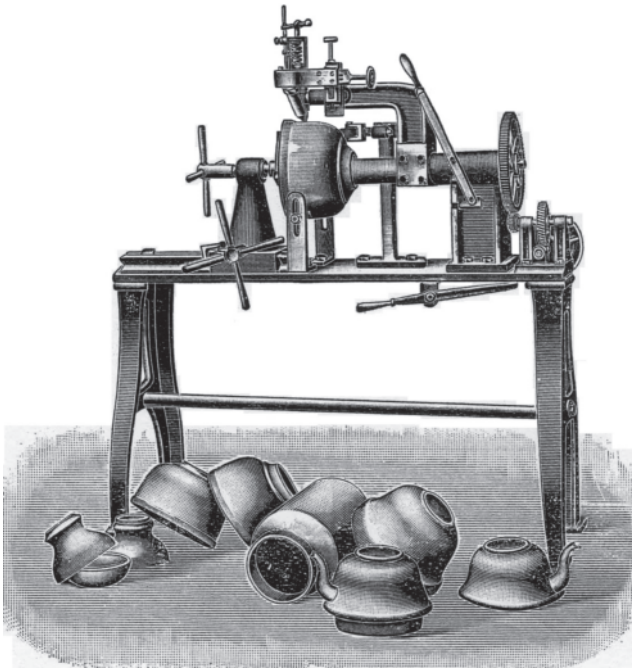
do spawania bębnów z blachy o grubości 0,3-4 mm, zużycie acetylenu, w zależności od grubości blachy, wynosiło 3,7-120 l/h., a szybkość posuwu od 11 m/h (dla blach o grubości 0,3-1 mm) do 7 m/h (dla blach o grubości 3-4 mm) [7]. Maszynę tę można było również stosować do spawania blach [8].

Podobna była zasada działania maszyn podwójnych (rys. 9) i do spawania czajników (rys. 10) [8].

We wszystkich typach maszyn, produkowanych w tym okresie, spawanie odbywało się bez materiału dodatkowego, łączone brzegi wywijano. Z tego powodu maksymalna grubość ścianki spawanych elementów mogła wynosić 4-5 mm.



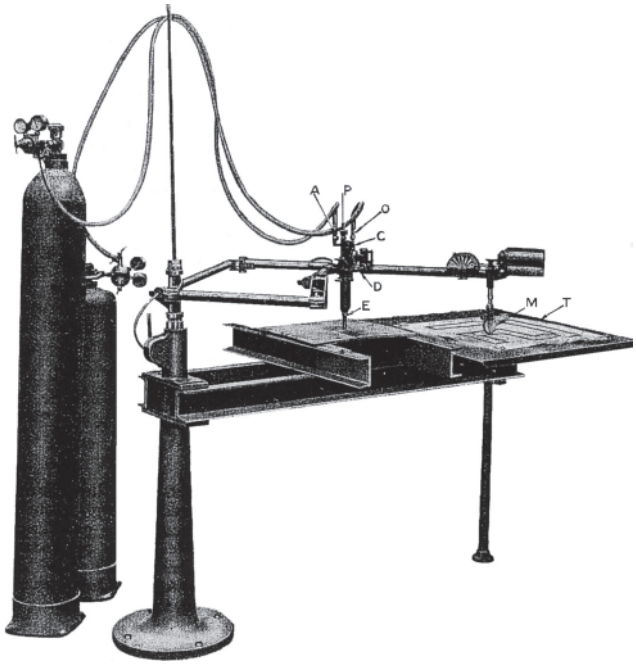
Rys. 9. Maszyna podwójna do spawania [8]



Rys. 10. Maszyna do spawania czajników [8]

W Polsce w okresie międzywojennym nie produkowano maszyn do spawania acetylenowo-tlenowego, natomiast szeroko rozwinęła się produkcja maszyn i urządzeń do cięcia.

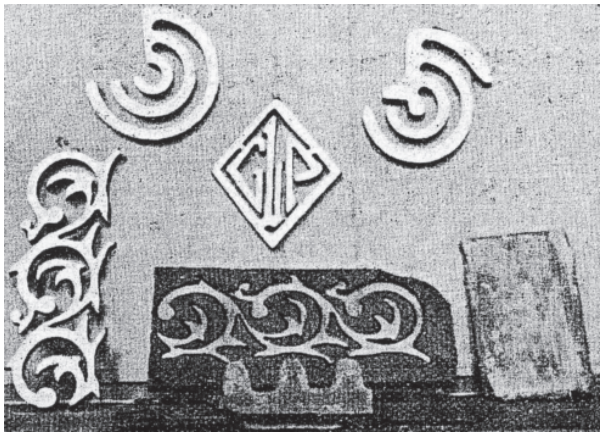
Pierwszą maszynę do cięcia, o nazwie „Oxygraph" wyprodukowano już w 1911 r. w zakładach Davis-Bournoville (rys. 11) [10].



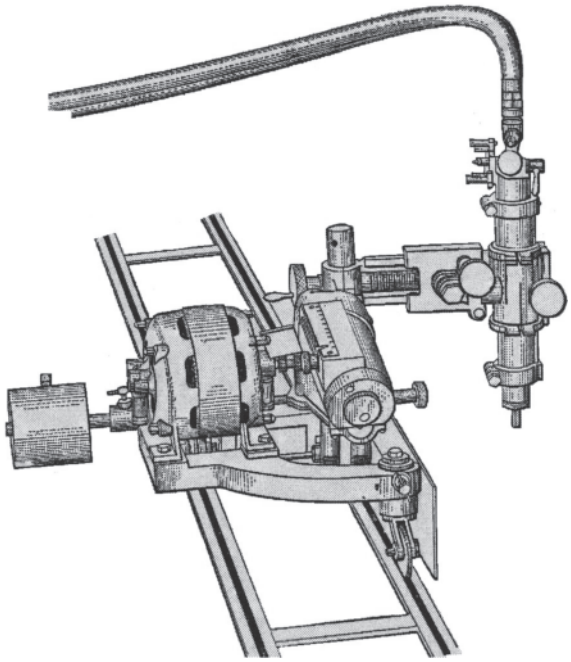
Rys. 11. Maszyna do cięcia „Oxygraph" [10]

Oxygraph działał na zasadzie pantografu. W procesie cięcia na stole mocowano odpowiedni szablon , po którego konturze prowadzono kółko pantografu. Ruch pantografu był odtwarzany przez palnik [11]. Był to palnik inżektorowy, iglicowy, mógł więc być zasilany zarówno z butli jak i wytwornicy acetylenu. Płomień ogrzewający miał kształt wieńca, w środku którego znajdował się wylot tlenu do cięcia; układ koncentryczny pozwalał na cięcie w dowolnym kierunku [10]. Konstrukcja urządzenia nie była skomplikowana; na słupie zamontowanym śrubami do podłogi umieszczony był na osi system ramion z palnikiem i kółkiem pantografu (M). Dopływ tlenu był regulowany zaworem (C), odległość dyszy od blachy regulowano zębatką (D), umocowaną z boku palnika. Kółko (M) było wprowadzane w ruch za pomocą silniczka, którego prędkość obrotową, a tym samym szybkość cięcia, regulowano przez opornicę i dwa wiatraczki hamujące. Większy wiatraczek stosowano do cięcia blach o grubości do 100 mm, przy prędkości cięcia 5,8-13,2 m/h, a mniejszy do grubości 20-25 mm, przy szybkości 7,6-14,25 m/h. Blachy o grubości do 20 mm można było ciąć bez wiatraczka, a szybkość cięcia wynosiła 12,2-26,9 m/h [8]. „Oxygraph" umożliwiał wycinanie różnych kształtów (rys. 12) o max. wymiarach 500×500 mm i wyjątkowo wzdłuż przekątnej 650 mm. Zmodernizowane urządzenie pozwalało na cięcie dwoma palnikami równocześnie [3].

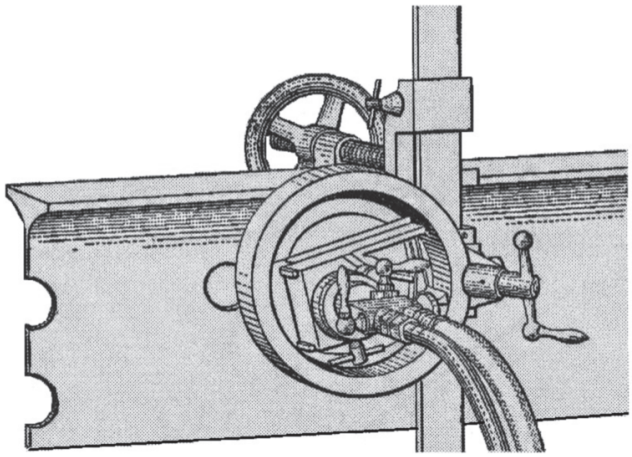
W firmie Davis-Bournoville, w okresie międzywojennym, produkowano również „Radiograph" (rys. 13) do cięcia prostoliniowego i cięcia po okręgu blach o grubości 450-500 mm, przy prędkości cięcia 3-15 m/h. Z kolei urządze-



Rys. 12. Elementy cięte na Oxygraphie



Rys. 13. Radiograph [3]

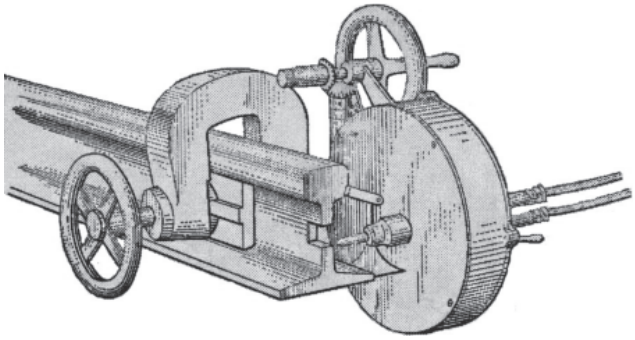


Rys. 14. Holograph [3]

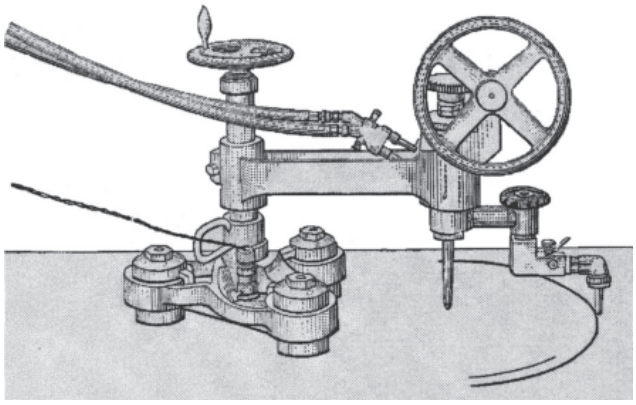
nie o nazwie „Holograph" (rys. 14) przeznaczone było do wycinania otworów w środnikach stalowych szyn. Zostało zaprojektowane tak, że obracającą się część wraz z palnikiem można było szybko zamontować na dwuteowniku lub szynie, na wymaganej wysokości i w wymaganej pozycji. Czas wykonywania otworu o średnicy 25-50 mm wynosił 30-60 s.

Kolejna maszyna - „Camograph" (rys. 15) była zmodyfikowaną wersją „Holographu", wyposażoną w krzywkę i mechanizm umożliwiający wycinanie form innych niż okrągłe. Urządzenie zostało zaprojektowane do wycinania otworów szczelinowych w szynach kolejowych i tramwajowych.

Ostatnie z urządzeń „Magnetograph" (rys. 16) było przeznaczone do wycinania otworów o średnicy do 32,5 mm w płytach okrętowych i pancerzach. Palnik był zamontowany na ramieniu i obracany poprzez ślimak i koło ślimakowe. Urządzenie było utrzymywane za pomocą trzech elektromagnesów, a s. Szybkość cięcia wynosiła 4,5-30 m/h [1].



Rys. 15. Camograph [3]



Rys. 16. Magnetograph [3]

Z europejskich konstrukcji trzeba również wymienić angielską maszynę skonstruowaną w 1919 r. przez A. Godfreya oraz maszynę wyprodukowaną w latach dwudziestych w Niemczech przez firmę Messer [12]. W Polsce maszyny do cięcia produkowano w Spółce Akcyjnej „Perun". Głównie były to maszyny uniwersalne typu Oxytom, produkowane w dwóch wersjach: maszyna Pantotom i Pyrotom, z prowadzeniem ręcznym oraz Serwotom z prowadzeniem automatycznym, a także dwie maszyny do cięcia bloków. Wszystkie urządzenia opisano szeroko w pozycji [13].

LITERATURA

1. Fifty Years of Welding in France. British Welding Journal, 1954, nr 7, s. 293.
2. *Fouche E.:* Blowpipe. Patent US 713421A, 11XI 1902.

3. *Davis-Bournoville:* Oxy-acetylene welding and cutting. Course of instruction. Davis-Bournoville Institute, 1919.
4. Maszyny do spawania acetylenowego. Spawanie i Cięcie Metali, 1934, nr 6, s. 110-112.
5. Maszyna automatyczna SA.FRAP do spawania zbiorników metodą acetylenowo-tlenową. Spawanie i Cięcie Metali, 1934, nr 9, s. 161-164.
6. Maszyny do spawania. Spawanie i Ciecie Metali, 1929, nr 7, s. 121-123.
7. *Sznerr A.:* Spawanie. Spawanie i Cięcie Metali, 1929, nr 10, s. 171-176.
8. *Sznerr A.:* Spawanie. Spawanie i Cięcie Metali, 1929, nr 7, s. 121-123.
9. Maszyny do spawania acetylenowo-tlenowego. Spawanie i Cięcie Metali, 1934, nr 4, s. 60-63.
10. Maszyna do cięcia „Oxygraph". Spawanie i Cięcie Metali, 1930, nr 1, s. 15-17.
11. Oxygraph przyrząd do cięcia stali. Mechanik, 1912, nr 14, s. 10-11.
12. *Pocica A.:* Techniki i technologie spawalnicze na ziemiach polskich do 1939 r. Politechnika Opolska, 2015.
13. *Pocica A.:* Historia cięcia tlenem. Przegląd Spawalnictwa, 2015, nr 7, s. 35-40.

Dr hab. inż. Anna Pocica - Politechnika Opolska,
Katedra Inżynierii Materiałowej
Marcin Pocica - Politechnika Opolska