Wiatraki i zastosowanie ich do popędu elektrycznego.

Napisał **Stanisław Wysocki**, inżynier.

(Ciąg dalszy do str. 526 w № 44 r. b.).

Inne straty pochodzą z obecności **kilku śmig** w niewielkich od siebie odstępach. Dotychczas mieliśmy do czynienia z płytkami przesuwającemi się w sferze pełnego wiatru. W wiatraku zaś śmiga przechodząc przez strumień wiatru przerywa go, wprowadza pewne zakłócenie, tak, że śmiga następna nie spotyka już wiatru normalnego i nie może wykonać pełnej pracy. Doświadczenia przeprowadzone w tej mierze dają nam następujące wyniki (tabl. IX).

Tablica IX.

Prędkość poruszania płytek n		2,4	2,2	2,0	1,6	1,2	0,8	0,4		
Kąt pochylenia γ		10^0	$11^1/_4{}^0$	$12^1/_2{}^0$	15^0	$17^1/_2{}^0$	20^0	$22^1/_2{}^0$	30^0	45^0
Praca a	teoretycznie (podł. wykresu)	102	96	91	76	57	38	16	21	20
	przy płytkach wypełniających swą powierzchnią część koła: $^1/_{12}$ (czyli 2 śmigi)	93	85	77	62	49	36	12	—	—
	$^1/_6$ (czyli 4 śmigi)	77	73	71	62	52	38	14	—	—
	$^1/_3$ (czyli 8 śmig)	—	46	53	58	52	40	16	20	20

Widzimy zatem, iż przy większych prędkościach, mianowicie przy $n > 1{,}2$ przypada na 1 m^2 tem więcej pracy, im mniej koło wiatraka wypełnione jest powierzchnią śmig. Innemi słowy, przy większej ilości śmig mamy większe straty. Na rys. 7 zestawiliśmy wykresy najwyższej pracy a jaką teoretycznie może wykonać płytka wklęsła (podług rys. 6) i wykresy rzeczywistej pracy takichże płytek przy wypełnieniu $^1/_{12}$ części koła (czyli przy 2 śmigach), $^1/_6$ koła (przy 4 śmigach) i $^1/_3$ (przy 8 śmigach). W wykresach tych uwzględniliśmy straty spowodowane obecnością płaszczyzn oporu o powierzchni wynoszącej $1^1/_2$% powierzchni pracującej. Dla porównania umieściliśmy też wykres najwyższej teoretycznej pracy płytki płaskiej. Z zestawienia tych wykresów możemy przedewszystkiem wyprowadzić wniosek, iż płytki wklęsłe przy czterech względnie przy dwóch śmigach osiągają maximum pracy przy prędkości $n = 2{,}4$, natomiast przy ośmiu śmigach najwyższą pracę mamy przy $n = 1{,}6$. Można powiedzieć ogólnie, im więcej śmig, tem wolniej musi się obracać koło, by należycie spożytkować energię wiatru.

Jaka powinna być najwyższa prędkość obwodowa śmigi? Doświadczenia dowiodły, że wiatrak wykazuje najwyższą moc wówczas, gdy końce śmig wytwarzają największą pracę. A zatem krańcowa prędkość obwodowa dla wiatraka dwuśmigowego wzgl. czterośmigowego winna wynosić

$$n_{max} = 2{,}4,$$

dla wiatraka zaś ośmiośmigowego

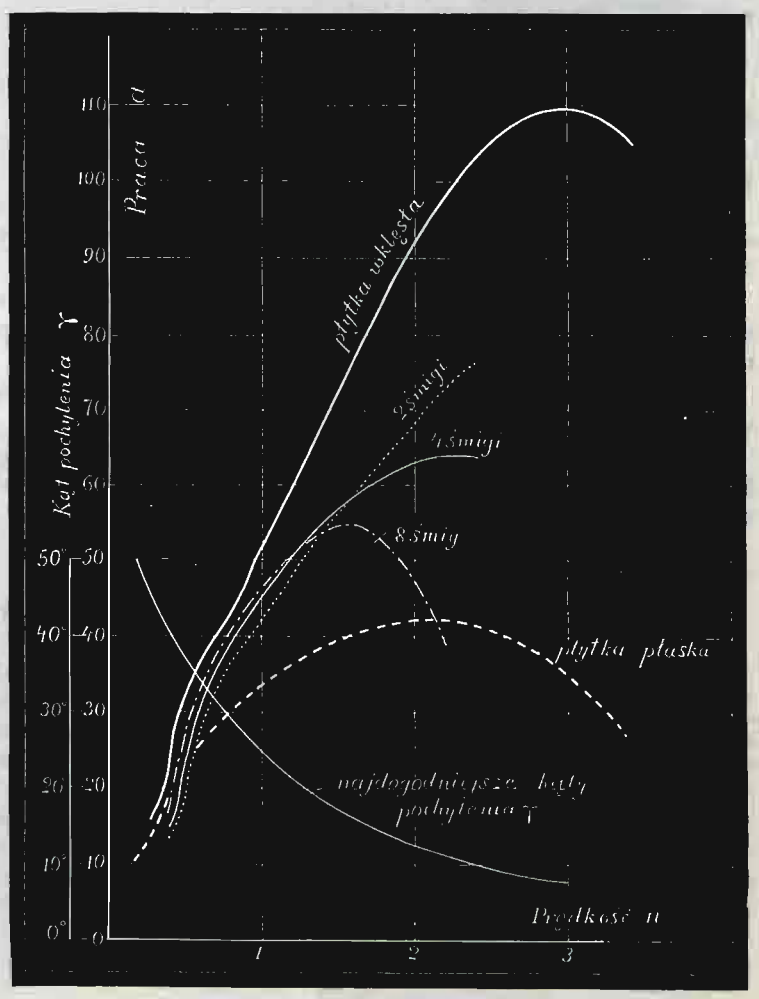
$$n_{max} = 1{,}6.$$

Porównajmy trzy wiatraki: 1) o 4-ch wązkich śmigach (czyli $^1/_{12}$ powierzchni koła); 2) o 4-ch normalnych śmigach (czyli $^1/_6$ pow. koła) i 3) o 8-iu śmigach ($^1/_3$ pow. koła). Zamiast dwuśmigowego wiatraka, który obracałby się bardzo nierównomiernie (przy każdym bowiem obrocie śmiga przechodząc koło budynku uwalnia się od działania wiatru) wybraliśmy wiatrak z czterema śmigami o połowę węższemi. Jeżeli przypuścimy jednakową długość śmig we wszystkich trzech wypadkach, to prędkości odnosić się będą, jak 25 : 24 : 16, a wydajności (bez uwzględnienia strat), jak 9 : 16 : 24. Lepiej jednak będzie porównać ze sobą wiatraki przy jednakowej mocy.

Wiatrak o	Długość skrzydeł	Powierzchnia skrzydeł	Krańcowa prędkość obwodowa	Ilość obrotów w jednakowym czasie
4-ch śmigach wązkich . .	32,6	0,67	2,4	15
4-ch śmigach normalnych .	24,4	0,75	2,4	20
8-iu śmigach	20,0	1,00	1,6	16

Wybór jest, zdaniem prof. La Cour'a, nie trudny. Oddając pierwszeństwo zwykłemu wiatrakowi czterośmigowemu nad ośmiośmigowym, zyskujemy kosztem nieznacznego powiększenia długości śmig (22%) nie tylko na ilości obrotów, lecz i na prostocie budowy. W porównaniu zaś z wązkośmigowym wiatrak nasz ma znaczną przewagę wskutek krótszych skrzydeł i większych obrotów. Nadto, wiatrak o śmigach wązkich miałby stosunkowo większe płaszczyzny oporu i co za tem idzie, większe straty. Dochodzimy więc do wniosku, że najodpowiedniejsze wiatraki są czterośmigowe, t. j. takie, jakie ludzkość od dawna już buduje na mocy swego wieko-

Praca **a** *śmig wiatraka.*



Rys. 7.

wego doświadczenia. Inna rzecz jednak, że wiatraki dotychczasowe pod względem konstrukcyi śmig dalekie są od doskonałości technicznej.

Jaką powinna być **budowa śmigi?** Na rys. 6 odnaleźliśmy najdogodniejsze kąty pochylenia γ dla każdej prędkości n. Wyniki te zestawiliśmy powtórnie w postaci wykresu na rys. 7. Dla otrzymania najwyższej mocy wiatraka wypadałoby zatem dać na końcu śmigi, t. j. przy prędkości $n = 2{,}4$ kąt $\gamma = 10^0$, a następnie zwiększać ten kąt do 60^0 a nawet 70^0. W praktyce jednak dla ułatwienia budowy śmigi wypada zadowolnić się mniejszym kątem w pobliżu osi, mianowicie kątem $\gamma = 25^0$. Przytem pożądane jest, by tylko szersza część śmigi zmieniała swe pochylenie, węższa zaś utrzymywała kąt

stały. Wskutek tego, naturalnie, śmiga na całej swej długości nie będzie jednakowo zgięta. Rys. 8 przedstawia przecięcie takiej śmigi w czterech punktach; 0 — oznacza przecięcie na końcu śmigi, 3 — w pobliżu osi. Widzimy, że w pobliżu osi śmiga jest zupełnie płaska, a zgięcie wzrasta stopniowo od 180° do 164°. Znaczne uproszczenie zyskujemy tu kosztem małych strat, gdyż w pobliżu osi (t. j. przy małych prędkościach n) powierzchnie zgięte oddają nie wiele więcej pracy niż płaszczyzny (rys. 7). Jeszcze jeden szczegół konstrukcyjny należy omówić. Śmiga powinna wypełniać swą powierzchnią tylko $^3/_4$ długości i wszędzie być jednakowo szeroką. Co do pierwszego, to przy osi mamy tak małą wydajność, iż nie opłaca się środka koła wypełniać więcej, tem bardziej, że budynek zasłania go od działania wiatru. Co zaś do szerokości śmig, to na końcach szerokość ta nie może być zbyt wielką dla wytrzymałości mechanicznej, a przy osi jedynie ze względu na wydajność pracy. Dając na całej długości jednakową szerokość, np. $^1/_4$ promienia koła, mamy wypełnioną na obwodzie $^1/_{12}$ powierzchni, a na środku śmigi $^1/_6$. Wypada zatem, iż końce śmig pracują jak wiatrak czteroskrzydłowy, a środki—jak ośmioskrzydłowy. Obawy, że przez to traci się na mocy są jednak nieuzasadnione; przedewszystkiem zyskujemy tu na powierzchni, a przytem, jak widać z tablicy IX, przy prędkości obwodowej $n = 1{,}2$ (t. j. na środku śmigi) przypada na 1 m^2 jednakowa ilość pracy zarówno w czterośmigowym jak i w ośmiośmigowym wiatraku.

Prof. LA COUR podaje następujący opis **wiatraka wzorowego**, czyli jak go nazywa „idealnego“:

1) 4 śmigi z jaknajmniejszemi płaszczyznami oporu.

2) Szerokość śmigi wszędzie jednakowa i wynosząca $^1/_4$ promienia.

3) Płaszczyzna śmigi rozpoczyna się na odległości $^1/_4$ promienia od osi.

4) Przecięcie śmigi — linia zgięta na $^1/_4$ swej długości; strzałka zgięcia 4% cięciwy; największe zgięcie na końcu skrzydła, przy osi zaś — linia prosta.

5) Kąt pochylenia cięciwy do płaszczyzny koła wynosi na końcu śmigi 10°, a w miarę zbliżenia do osi wzrasta stopniowo do 22°.

6) Prędkość obwodowa 2,4 razy większa niż prędkość wiatru.

7) Moc takiego wiatraka, po uwzględnieniu strat przy $1^1/_2$% powierzchni oporu, wypada średnio 60 gm/sek na 1 m^2, zatem

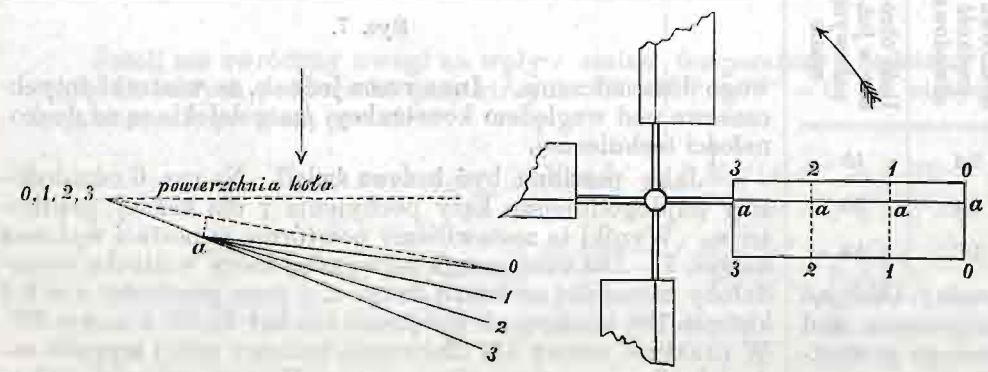
$$a = 60,$$

czyli

$$A = \frac{60 . F . W^3}{1000 . 75} = \frac{F . W^3}{1250} \text{ k. p. } . . . (8).$$

Trudno się zgodzić z prof. LA COUR'EM że jego wiatrak jest „ideałem“ silnika wiatrowego. Najwyżej można uznać go za wzór wiatraka czterośmigowego. Jedną ze stron ujemnych tej maszyny wykazuje już sam LA COUR. Jest to **trudny rozpęd**. Jeżeli porównamy obciążony wiatrak „wzorowy“ z amerykańskim, to zauważymy, iż przy wzmagającym się wietrze pierwszy daleko później zaczyna się obracać niż drugi, a gdy wiatr osłabnie, wcześniej przestaje pracować. Ażeby wyjaśnić to zjawisko, obliczmy siłę popędu przy płytkach płaskich i zgiętych. Siłę tę otrzymamy z tablic VI i VIII, dzieląc pracę a przez prędkość n (tabl. X i XI).

Przecięcie śmigi



Rys. 8.

Tablica X.

Siła popędu płytek płaskich.

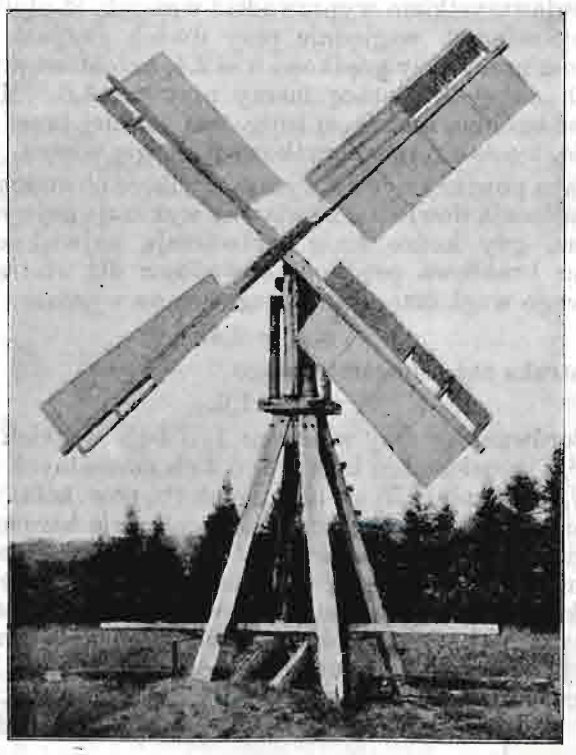
Prędkość n	Kąt pochylenia γ 10°	20°	30°	40°	50°	70°
0	13,1	25,7	37,7	48,4	56,6	38,3
0,2	13,4	26,6	38,9	48,3	48,5	14,0
0,8	19,5	35,4	34,1	19,8	0,9	—
1,0	21,8	33,6	25,7	8,1	—	—
1,4	23,1	25,6	9,4	—	—	—
1,8	21,2	17,4	—	—	—	—
2,2	18,4	7,1	—	—	—	—
2,6	15,4	—	—	—	—	—
3,0	11,6	—	—	—	—	—
3,8	1,0	—	—	—	—	—

Tablica XI.

Siła popędu płytek zgiętych.

Prędkość n	Kąt pochylenia γ 10°	20°	30°	40°	50°	70°
0	13,0	25,7	37,8	52,7	66,6	51,8
0,2	14,0	27,0	43,0	57,0	57,5	26,5
0,8	29,0	47,9	49,9	35,6	9,0	—
1,0	35,1	49,1	44,3	21,1	—	—
1,4	41,8	46,8	24,8	—	—	—
1,8	44,4	37,0	—	—	—	—
2,2	44,1	23,0	—	—	—	—
2,6	40,5	5,3	—	—	—	—
3,0	34,0	—	—	—	—	—
3,8	17,7	—	—	—	—	—
4,2	4,8	—	—	—	—	—

Wiatrak z płytkami ruchomemi.



Rys. 9.

Płytki płaskie przy pochyleniu 40°, jakie mamy w wiatrakach amerykańskich, posiadają najwyższą siłę popędu w stanie spoczynku, płytki zaś zgięte przy małych kątach pochylenia mają w stanie spoczynku niewielką siłę popędu, która wzrasta dopiero przy zwiększeniu prędkości. Tłumaczy to nam w zupełności opisane wyżej zjawiska. Nie należy jednak poczytywać trudnego rozruchu za zbyt wielką wadę wiatraków systemu LA COUR'A. Przedewszystkiem przy maszynach obsługiwanych, jak młyny, tartaki, sieczkarnie, szlifiernie i t. d. zawsze można wiatrak puścić w ruch luzem, a następnie regulować obciążenie stosownie do siły wiatru. Powtóre, przy pędzeniu prądnic obciążenie reguluje się samo przez się: przy biegu wolniejszym wiatraka mamy mniejsze napięcie i mniejsze zapotrzebowanie

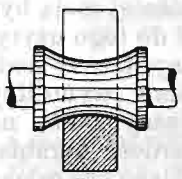
energii elektrycznej. To też wiatrak LA COUR'A z prądnicą daje się wprawiać w ruch równie łatwo, jak wiatrak amerykański. Tylko przy pompach natrafiamy na trudności; wiatrak czteroskrzydłowy rusza dopiero przy silnym wietrze, gdy tymczasem amerykański pompuje przy najsłabszym. I temu jednak można zaradzić, gdy zrobimy śmigi z **płytek ruchomych**. W stanie spoczynku płytki same przez się (dzięki ciężarkom) nastawiają się na kąt pochylenia 44°, przez co siła popędu powiększa się trzy razy. Następnie, dzięki sile odśrodkowej płytki przekręcają się i kąt pochylenia stopniowo się zmniejsza, dopóki nie osiągnie swej normalnej wielkości. Wiatraki takie (rys. 9) wprawiają się w ruch równie łatwo jak amerykańskie i w praktyce (np. w Skibelund w Danii) okazały się bardzo dobre.

Na tem właściwie kończy się teorya wiatraków LA COUR'A. Szkoda, że nie poprowadzono jej dalej, że nie zbadano gruntownie wiatraka wielośmigowego. Namnożyło się tyle systemów i ustrojów tych maszyn, że bez ścisłych doświadczeń niepodobna wyrobić sobie zdania o ich wartości. Podług LA COUR'A, wiatrak czterośmigowy pod wieloma względami przewyższa amerykański. Zdanie to jest jednak gołosłowne, nie poparte doświadczeniami. (C. d. n.)

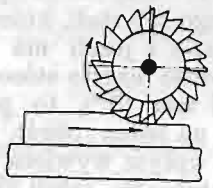
Cechy zasadnicze przemysłu maszynowego w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej.

(Dokończenie do str. 501 w № 42 r. b.).

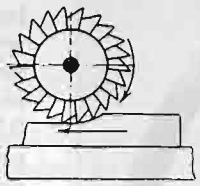
Amerykanie gnani ciągle dążeniem do coraz większego zaoszczędzania tak drogiego u nich czasu, nie cofają się przed żadnymi wydatkami, które to mają na celu i wolą poświęcić nieraz jeden lub więcej dość kosztownych frezów, ulegających przy próbach zupełnemu zniszczeniu, aniżeli pracować przy



Rys. 11.



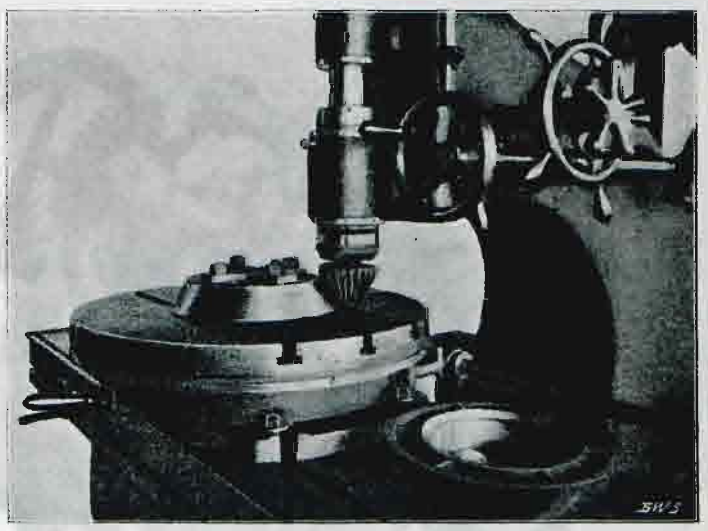
Rys. 12.



Rys. 13.

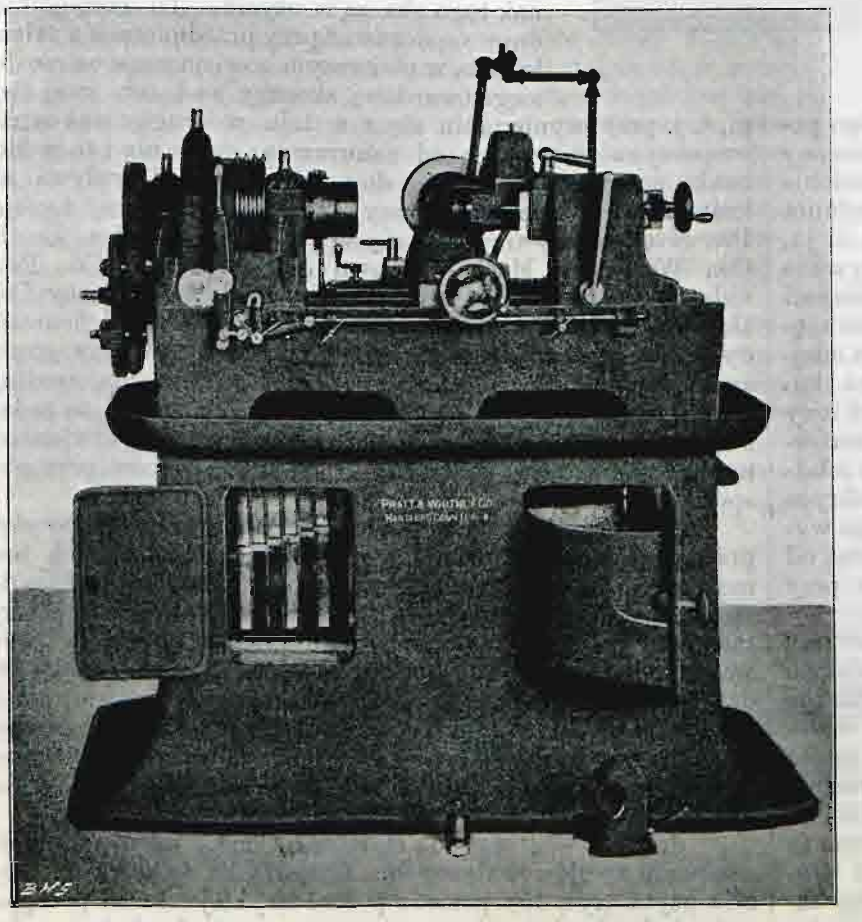
pewnej prędkości, wiedząc, a przynajmniej przypuszczając, że ona znacznie zwiększoną być może. Toż samo odnosi się i do sprawności maszyny, która ze wzrastaniem prędkości przesuwu narzędzia (zwłaszcza przy obróbce z gruba) zwiększa swą wydajność, granicą zaś tu jest ta prędkość, przy której pas ślizgać się poczyna. Dawniej prędkość obwodowa frezów wynosiła 6 — 18 *m*/min., od czasu jednak wprowadzenia w użycie odmian stali dozwalających na znaczne zwiększenie tej prędkości obrotowej [1]), często daje się spotkać obecnie 30 *m*/min., a nawet więcej, przyczem prędkości większe odnoszą się zawsze do mniej twardych metali i płytszego zanurzenia. To ostatnie stoi w związku z samem obrabianiem, naj-

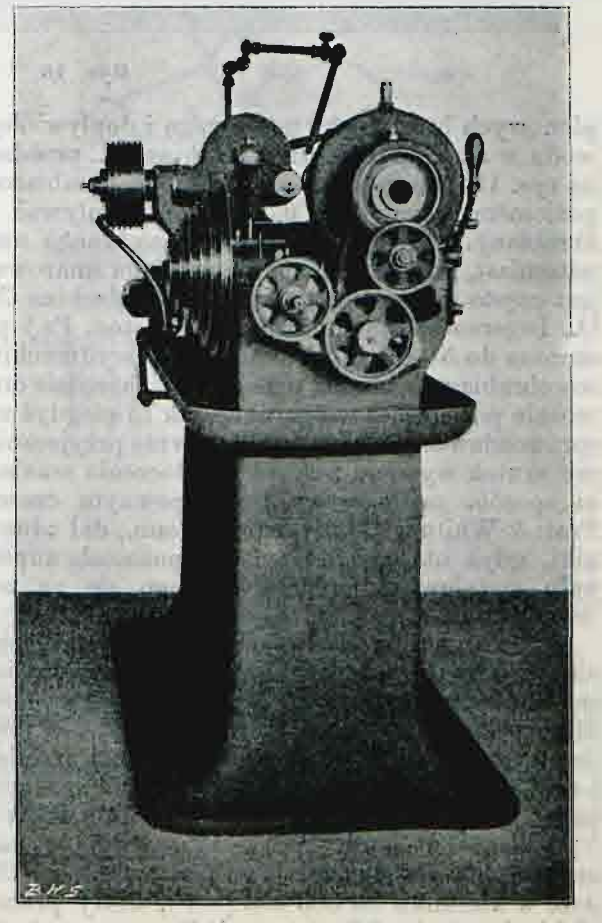
Frezowanie okrągłe:
Becker-Brainard Milling Machine Co., Hyde-Park, Mass.



Rys. 14.

Gwinciarka frezowa;
Pratt & Whitney Co., Hartford, Conn.





Rys. 15.

[1]) Por. *Przegl. Techn.* 1903 r., № 18, str. 272.