REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

BOLETÍN

AÑO DE 1895. **Madrid 30 de Noviembre.** NÚM. 33.

MEMORIA

SOBRE LAS

MÁQUINAS ALGÉBRICAS

(Conclusión.)

El error del desplazamiento numérico se obtendrá dividiendo ω por $\frac{pik\pi}{4m}$ (unidad angular de G), y por último, el error total máximo de G será

$$(19)\quad E = \varepsilon + \varepsilon_1 = \frac{1}{2}\log.\, e\; 10^{-J} + \frac{4m\omega}{pik\pi}$$

de la ecuación (18) se saca

$$\frac{1}{k} = \frac{\lambda}{2z_2}\Big[(i+m+1)J + \frac{1}{2}\, i \log. e. 10^{-J} + (1-m)\log.\frac{1-m}{i+m-1} - i\log.\frac{i}{i+m-1}\Big]$$

despreciando, al determinar las constantes, el producto $\frac{1}{2}\, i\,\log.\, e\,.\, 10^{-J}$ que ha de ser siempre muy pequeño, y sustituyendo este valor de $\frac{1}{k}$ en la ecuación (19) resulta

$$E = \frac{1}{2}\log. e. 10^{-J} + \frac{4m\omega}{pi\pi}\cdot\frac{\lambda}{2z_2}\Big[(m+i-1)J + (1-m)\log.\frac{1-m}{i+m-1} - i\log.\frac{i}{i+m-1}\Big]$$

y poniendo

$$\frac{4m\omega}{pi\pi}\cdot\frac{\lambda}{2z_2}(m+i+1) = M$$

$$\frac{4m\omega}{pi\pi}\cdot\frac{\lambda}{2z_2}\Big[(1-m)\log.\frac{1-m}{m+i-1} - i\log.\frac{i}{m+i-1}\Big] = N,$$

se tendrá

$$(20)\quad E = \frac{1}{2}\log.\, e\; 10^{-J} + MJ - N$$

$$\frac{dE}{dJ} = -\frac{1}{2}\, 10^{-J} + M$$

la derivada segunda es esencialmente positiva; de modo que la función E solo pasa por un mínimo correspondiente al valor

$$J = -\log.\, 2\,M$$

que se obtiene igualando á cero la derivada primera.

Sustituyéndole en la ecuación (20) queda el error expresado en función de las constantes z_2, λ, p, i, m, en esta forma:

$$E = \frac{1}{2}\log.\, e,\, 10^{\log.\, 2M} - M\log.\, 2M - N$$

$$= M\log.\, e - M\log.\, 2M - N.$$

Se elegirán todos los valores de modo que E sea lo más pequeño posible; pero, al mismo tiempo, es preciso tener en cuenta ciertas exigencias prácticas; z_2 no puede ser más grande ni λ más pequeña que ciertos límites impuestos por las necesidades de la construcción y buena marcha de los husillos, y m, p, i han de ser tales que las relaciones de velocidad entre los diferentes móviles resulten fáciles de establecer con pocas ruedas dentadas.

Construcción de los husillos.

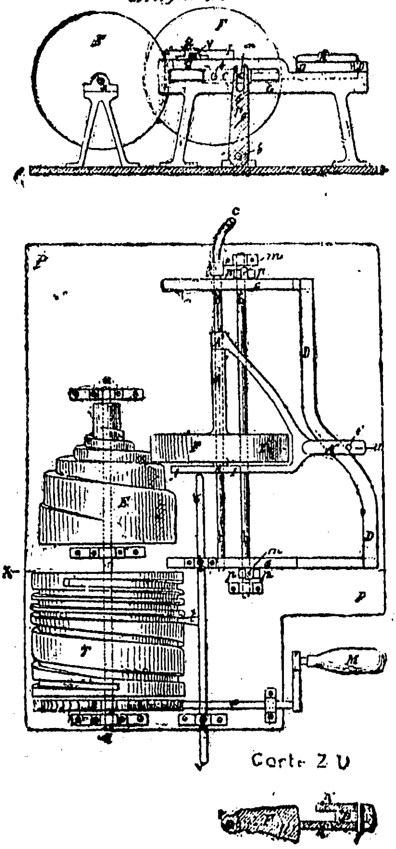
Habrá que determinar ante todo el sistema de engranaje. La distancia entre dos espiras consecutivas de la curva ideal de contacto y, por consecuencia, la anchura de la faja dentada, ha de ser tan pequeña como se pueda; esto ocasionará alguna dificultad para labrar dientes de perfil complicado. La solución más sencilla—aplicable creo yo á este caso—consistirá en labrar en los husillos agujeros cilíndricos perforados con una broca ordinaria, y en la rueda parásita dientes en forma de sólido de revolución, cuyo eje sea un radio de la rueda y el meridiano una epicicloide.

Esta solución no es geométricamente exacta, porque la forma de la epicicloide debería cambiar con el radio del husillo en el punto de contacto; no sería tampoco aplicable á las máquinas industriales, porque el contacto se verifica en un solo punto de la boca del agujero y en un solo meridiano del diente. Pero siendo los dientes pequeños, el error será insignificante, y como los husillos sólo han de funcionar de tarde en tarde y trasmitiendo esfuerzos pequeñísimos, creo que funcionarán bien á pesar del defecto indicado.

Admitiendo esta solución, será preciso labrar primero la superficie de contacto de cada husillo y luego perforar los huecos cilíndricos.

Dudo que estas operaciones puedan ejecutarse en los talleres con las máquinas usuales; pero creo fácil construir una á propósito, por ejemplo, la indicada en la figura 22.

Fig. 22
Corte por XY



Sobre la plataforma P van montadas las piezas siguientes:

1.° Fijos sobre un mismo árbol a, el husillo que se va á labrar, el tambor T, provisto de una ranura en espiral, y la rueda dentada R, que engrana con un tornillo sin fin montado en el árbol d. Por medio de este tornillo puede mantenerse fijo el árbol a ó hacerle girar lentamente á mano valiéndose del manubrio M.

2.° Una varilla V con un tope *t*, cuyo extremo se introduce en la ranura del tambor. Cuando el tambor gira, esta varilla corre á lo largo de sus guías *g*. *g*.

3.° Un árbol *b* que recibe un movimiento de rotación del árbol flexible *c* y cuyos cojinetes, provistos cada uno de un muñón *m*, pueden correr á lo largo de las guías G.

4.° Un árbol *b'*, en cuyos extremos van montados dos palancas *p* que llevan unas ranuras radiales en donde se introducen los muñones *m*. Esta disposición asegura el paralelismo entre los ejes a y *b*.

5.° Una fresa F, del mismo diámetro que ha de tener la rueda parásita, montada sobre el árbol *b* de manera que pueda deslizarse á lo largo de él, pero siguiéndole en su movimiento de rotación. La fresa lleva unido á ella un manguito bastante largo M', para impedirla que oscile sobre su eje.

6.° Una directriz D, sólidamente unida á la plataforma por los mismos soportes de las guías G.

7.° Una pieza de forma especial I I A'' A' que lleva dos anillos circulares A, A', dentro de los cuales gira el árbol *b*, y una abrazadera A'', que se ciñe á la directriz y resbala á lo largo de ella. Los movimientos de esta pieza que arrastra siempre con ella la fresa, están limitados cuando se acerca el tambor T por la varilla V, que tropieza con la cara plana I I, y cuando el eje *b* se aproxima al *a*, por el tope *t* que tropieza con la directriz.

Si la ranura del tambor y la directriz se han trazado en forma conveniente, podrá esta máquina utilizarse para labrar uno de los husillos. Bastará poner una pieza fundida en el árbol *a* y labrarla con la fresa, hasta que cualquiera que sea la posición del tambor T puedan llegarse á poner en contacto, la cara plana I I con la varilla V y el tope *t'* con la directriz.

Para labrar el otro husillo, será preciso cambiar la directriz y el tambor.

Esta máquina trabajará sin que ninguna de sus piezas esté sometida á esfuerzos de importancia. La varilla y la directriz no sirven propiamente para guiar la fresa, sino para advertir al obrero cuando ha llegado al término de su trabajo.

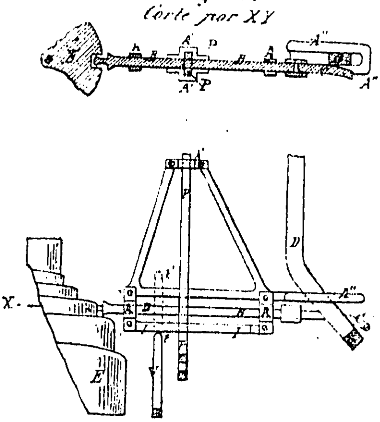
La fresa misma no exigirá gran fuerza; el obrero la llevará empujando suavemente la pieza I I A'' A', con una mano, mientras con la otra coloca, por medio de la manivela M, el excéntrico en la posición conveniente.

La máquina funcionará, pues, en las mismas condiciones que un instrumento de precisión y labrará los husillos con gran exactitud.

Para perforar los dientes se reemplazará la fresa por una broca B (figura 23) convenientemente guiada. Se sustituirá el árbol *b* por una platina P que lleva una ranura longitudinal para dejar paso á la broca, y sobre esta platina corre una pieza I I A'' A' que sujeta la broca dejándola girar dentro de dos anillas A, A'. La broca recibe un movimiento de giro del árbol flexible *c*.

Para colocar y sujetar el husillo en la posición conveniente, se labrará á lo largo de la ranura del tambor T un agujero en correspondencia con cada uno de los que el husillo debe llevar, y el extremo del tope de la varilla, empujado por un resorte, se introducirá sucesivamente en cada uno de los agujeros.

Fig. 23.
Corte por XY



Si se juzga inadmisible el engranaje propuesto, podrá emplearse la misma máquina con ligeras modificaciones para trazar dientes de cualquier forma.

Aún quedan todos los detalles por estudiar. No he querido, ni hubiera podido tampoco, según dije al principio, presentar aquí un proyecto completo. Quizá se encuentre una solución mejor, radicalmente distinta; quizá convenga utilizar en todo ó en parte las disposiciones propuestas; pero este ligero examen de la cuestión demuestra, suficientemente á mi juicio, que es posible construir, por un precio razonable, una máquina para labrar los husillos.

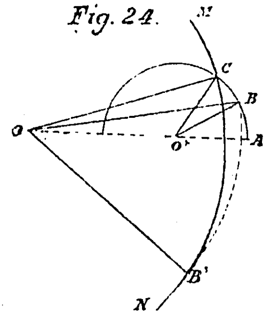
Transmisión de excéntrico y manivela.

La construcción de este mecanismo es sencillísima cuando se conoce la forma de la ranura, y ésta se determina muy fácilmente.

Se trata de construir la ecuación

$$\Psi_a = k_1 \pi \log. (c + \cos. \theta)$$

Fig. 24.



Sean:

O O' = L, la distancia entre los centros.

O' C = R, la longitud de la manivela.

M N, la curva que se quiere calcular.

O C = ρ; C O B' = ω, las coordenadas de la curva M N.

O B' = O B, el radio máximo de esta curva.

O' B, la posición extrema de la manivela más próxima á A, que corresponde al valor máximo de Φ_a.

Cuando la manivela pase por B, el punto B' del excéntrico estará en B también—porque OB' es el radio máximo del excéntrico y B el punto más lejano de O en que puede colocarse el botón de la manivela; en el mismo instante el ángulo θ valdrá cero—porque Φ_a alcanzará entonces su valor máximo

$$k_1 \pi \log. (c + \cos. 0) = k_1 \pi \log. (c + 1).$$

Cuando el excéntrico haya girado un ángulo BOB' = θ, la manivela se encontrará en O'C y el ángulo Φ_a valdrá $k_1 \pi \log. (c + \cos. \theta)$ de modo que

$$(21) \qquad CO'B = k_1 \pi [\log. (c + 1) - \log. (c + \cos. \theta)].$$

Llamando β al ángulo COB tendremos

$$(22) \qquad \omega = \theta + \beta.$$

De la ecuación (21) se deduce

$$(23) \qquad \theta = \text{arc. cos.} \left(10^{\log.(c+1) - \frac{CO'B}{k_1 \pi}} - c \right)$$

El triángulo COO′ da la relación

$$\cos.\ OO'C = \frac{R^2 + L^2 - \rho^2}{2RL}$$

ó sea

$$\cos.\ CO'A = \frac{\rho^2 - R^2 - L^2}{2RL}$$

y por consiguiente

$$CO'B = \text{arc. cos.} \frac{\rho^2 - R^2 - L^2}{2RL} - BO'A.$$

Sustituyendo este valor en la ecuación (23) tendremos esta otra

$$\theta = \text{arc. cos.} \left(10^{\log.(c+1) - \frac{\text{arc. cos.} \frac{\rho^2 - R^2 - L^2}{2RL} - BO'A}{k_1 \pi}} - c \right)$$

en la cual el valor θ solo depende de ρ y de varias constantes arbitrarias.

β puede expresarse fácilmente en función de estas mismas cantidades

$$\beta = COA - BOA = \text{arc. tg.} \frac{R \text{ sen. } CO'A}{L + R \cos\ CO'A} - \text{arc. tg.} \frac{R \text{ sen. } BO'A}{L + R \cos.\ BO'A}$$

y poniendo en vez de sen. CO′A y cos. CO′A sus valores, se obtiene

$$\beta = \text{arc. tg.} \frac{\sqrt{4L^2R^2 - (\rho^2 - R^2 - {}^2)^2}}{\rho^2 - R^2 + L^2} - \text{arc. tg.} \frac{R \text{ sen. } BO'A}{L + R \cos.\ BO'A}.$$

Sustituyendo por fin θ y β por sus valores en la ecuación (22) quedará determinado el valor ω en función de ρ y de las constantes arbitrarias.

Aunque la oscilación de la manivela es muy limitada, puede darse el valor que convenga á la unidad angular, porque la variación del desplazamiento numérico

$$\log.(c+1) - \log.(c-) = \log. \frac{c+1}{c-1}$$

se hace tan pequeña como se quiera aumentando el valor c.

Llamando Ψ al ángulo formado por las dos posiciones extremas de la manivela, se tendrá

$$\frac{\Psi}{k_1 \pi} = \log.(c+1) - \log.(c-1) = \log. \frac{c+1}{c-1}$$

y por consiguiente

$$c = \frac{10^{\frac{\psi}{k_1\pi}} + 1}{10^{\frac{\psi}{k_1\pi}} - 1}$$

Sea e el error máximo numérico—constante como ya se sabe—cometido al representar en la máquina fig. 17 la suma $\Sigma a \rho m (c + \cos. \theta)$; podremos considerarle compuesto de otros dos: el uno, $\frac{\omega_1}{k_1\pi}$ debido al cálculo de los monomios, y el otro, e', originado al sumarlos, que es independiente de $k_1\pi$, porque las unidades angulares de las máquinas superpuestas se determinan, en virtud de las consideraciones que he manifestado anteriormente, sin tener en cuenta para nada el valor k_1.

El error absoluto será

$$\left(\frac{\omega_1}{k_1\pi} + e'\right) \Sigma a \rho^n (c + \cos. \theta)$$

ó sea (despreciando $\Sigma a \rho^m \cos. \theta$, que debe ser una cantidad muy pequeña porque la ecuación ha de satisfacerse aproximadamente)

$$c\left(\frac{\omega_1}{k_1\pi} + e'\right) \Sigma a \rho^m.$$

El error máximo cometido al representar en la máquina el valor $c \Sigma a \rho^m$ puede ponerse en la misma forma y será

$$c\left(\frac{\omega_2}{k_1\pi} + e'\right) \Sigma a \rho^m.$$

La acción de la máquina fig. 17 no impone exactamente la condición de que $\Sigma a \rho^m \cos. \theta$ sea igual á cero; se limita á impedir que esta cantidad exceda en valor absoluto á la suma de los dos errores considerados; y esta suma,

$$c\left(\frac{\omega_1 + \omega_2}{k_1\pi} + 2e'\right) a \rho^m$$

$$= \frac{10^{\frac{\psi}{k_1\pi}} + 1}{10^{\frac{\psi}{k_1\pi}} - 1} \left(\frac{\omega_1 + \omega_2}{k_1\pi} + 2e'\right) a \rho^m,$$

es la que ha de hacerse mínima al elegir el valor k_1.

MOVIMIENTO DEL PERSONAL

OBRAS PÚBLICAS

INGENIEROS

Ha solicitado la vuelta al servicio del Estado el Ingeniero Jefe de segunda clase D Juan Ramírez Izquierdo.

El Ingeniero primero D. Francisco García Zamora ha sido trasladado de la provincia de Cuenca á la de Huelva.

Ha sido trasladado de la Jefatura de Soria á la de Zaragoza el Ingeniero segundo D. Cornelio Arellano Lapuerta

Se ha dispuesto que D. Santiago Ortíz y Mazón, promovido á Ingeniero segundo por Real orden de 18 del corriente, preste sus servicios en la provincia de Alicante

El Ingeniero segundo D. Juan Pérez Sanmillán y Miguel ha sido trasladado de la provincia de Castellón á la de Valencia.

Ha sido trasladado de la Jefatura de Valencia á la de Castellón el Ingeniero segundo D Antonio Sonier y Puerta.

Por Real decreto de 22 del corriente se declara jubilado por causa de imposibilidad física al Ingeniero Jefe de pri-