



ESPAÑA

(19) ES (21) (22)	NUMERO <b>277995</b>	(20) Y
	FECHA DE PRESENTACION 18-1-1.983	

MODELO DE UTILIDAD

11 OCT. 1984

(30) PRIORIDADES:	(32) FECHA	(33) PAIS
(31) NÚMERO		
P 32 01 436.8	19 de Enero de 1.982	Rép. Federal Alemana.

(47) FECHA DE PUBLICIDAD	(51) CLASIFICACION INTERNACIONAL
	F01D5/14

(54) TITULO DE LA INVENCIÓN
ALABE PARA TURBOMAQUINA.

(71) SOLICITANTE (S)
KRAFTWERK UNION AKTIENGESELLSCHAFT.

DOMICILIO DEL SOLICITANTE
Wiesenstr. 35. D-4330 Mülheim (Ruhr). República Federal Alemana.

(72) INVENTOR (ES)

(73) TITULAR (ES)

(74) REPRESENTANTE
D. JOSE MIGUEL GOMEZ-ACEBO y POLBO.

La presente invención se refiere a un álabe para tur-  
bomáquina según la introducción de la reivindicación 1.

5 Ya se ha propuesto un álabe para turbomáquinas de  
este tipo en la solicitud española de patente anterior número  
504.447. El contorno del perfil de aquel álabe para turbomá-  
quinas se ha compuesto segmentadamente a partir de curvas de  
segundo orden calculables exactamente de forma matemática de  
tal forma que todo el contorno del perfil adopta una trayecto-  
ria curva continua. De este modo pueden calcularse también  
10 exactamente y de forma matemática las superficies del perfil,  
la posición del centro de gravedad, la inclinación de los ejes  
de inercia, los momentos de inercia, los momentos de resisten-  
cia a la flexión, la posición del punto central de empuje, la  
resistencia a la torsión y el momento de resistencia a la tor-  
sión, permitiendo el conocimiento exacto de estas magnitudes  
15 un cálculo fiable y exacto del comportamiento a la rigidez y  
a las oscilaciones. Mediante la elección adecuada de los pará-  
metros de las curvas de segundo orden que constituyen el con-  
torno del perfil, puede generarse un contorno de perfil que  
20 cumpla las exigencias correspondientes a la hidrodinámica y a  
la mecánica. En particular, según cálculos positivos corres-  
pondientes a la hidrodinámica, en los que se determina la dis-  
tribución de compresión, el ángulo de descarga, pérdida de per-  
fil y similares, puede verificarse entonces una optimación hi-  
25 drodinámica mediante ligeras modificaciones de los parámetros,  
sin que las propiedades necesarias de estabilidad sean deterio-  
radas. Otras ventajas de los álabes para turbomáquinas ante-  
riormente descritas se producen durante la fabricación. Pueden  
emplearse los métodos de trabajo conocidos hasta la fecha, pu-  
diéndose elevar notablemente la exactitud de fabricación gra-

5

10

15

20

25

30

cias al contorno del perfil determinable matemáticamente, puesto que cada punto del contorno del perfil puede determinarse exactamente y puede elegirse prácticamente un número ilimitado de puntos de referencia.

5 En el álabe para turbomáquinas descrito al principio está configurado el contorno del perfil en toda la zona del lado impelente por un arco de circunferencia, pudiéndose ajustar en el haz de paletas, atravesado por la corriente, a lo largo de un lado impelente curvado constantemente de este modo, un  
10 aumento relativamente fuerte de las componentes normales al contorno del perfil de la aceleración local de la corriente fluida. Un aumento demasiado grande de la componente normal de la aceleración normal local conduce, sin embargo, a un aumento de espesor de la capa límite que se forma sobre el lado impelente y,  
15 por tanto, a mayores pérdidas aerodinámicas.

Así pues, la presente invención tiene por objeto mejorar el álabe para turbomáquinas descrito al principio de tal forma que se produzca en el haz de paletas, atravesado por la corriente fluida a lo largo del lado impelente un aumento menor  
20 de la componente normal de la aceleración normal de la corriente fluida.

Este problema se resuelve según la presente invención mediante las medidas indicadas en la parte caracterizante de la reivindicación 1.

25 En el álabe para turbomáquinas según la presente invención se forma el contorno del perfil en la zona del lado impelente pues, no sólo por el segundo segmento circular sino mediante el segundo segmento circular y un segundo segmento parabólico, que se une con el anterior hacia el borde posterior, de  
30 una segunda parábola de segundo orden. De este modo se consi-

que que la curvatura del contorno del perfil, constante en la zona del segundo segmento circular, decrezca continuamente en la zona del segundo segmento parabólico hacia el borde posterior. Simultáneamente con un aumento de la velocidad de flujo en el haz de paletas atravesado por la corriente fluida, decrece pues la curvatura del contorno del perfil en la zona del lado impelente, de tal forma que se produzca un ligero aumento de la componente normal de la aceleración local de la corriente. Con el ligero aumento de la componente normal de la aceleración local de la corriente, se producen también un menor espesor de la capa límite que se forma sobre el lado impelente y menores pérdidas aerodinámicas. Lo fundamental para la reducción de las pérdidas aerodinámicas es también el que, en la zona del lado impelente la trayectoria de la curva de la segunda parábola de segundo orden no aumenta bruscamente sino que lo hace correspondientemente de forma continua hacia el canto posterior.

El álabe para turbomáquina según la presente invención puede recibir también un contorno del perfil en el que la primera elipse, que constituye el primer segmento elíptico y la segunda elipse, que constituye el segundo segmento elíptico, posean un semi-eje mayor común y coincidan en el vértice común sobre el semi-eje mayor común. Los semi-ejes menores de la primera y de la segunda elipse pueden presentar en este caso la misma longitud, es decir el primer y el segundo segmentos elípticos se presentan como segmentos de una única elipse. Si, además, todos los semi-ejes de la primera y de la segunda elipse presentan la misma longitud, el primer y el segundo segmentos de elipse se transformarían en un único segmento circular.

En una forma preferente de realización del álabe para turbomáquinas según la presente invención, coincide el primer

segmento circular en el vértice de la primera parábola de segundo orden con curvatura continua con el primer segmento de parábola.

De este modo se evita, con seguridad, en el punto de transición entre el primer segmento circular y el primer segmento parabólico una discontinuidad de la curvatura y una separación de la corriente fluida.

En otra forma preferente de realización del álabe para turbinas según la presente invención coincide el tercer segmento circular en el vértice de la segunda parábola de segundo orden con curvatura continua con el segundo segmento de parábola. De este modo se evita, con seguridad también en el punto de transición entre el tercer segmento circular y el segundo segmento parabólico una discontinuidad de la curvatura y una separación de la corriente fluida.

Los parámetros de las curvas de segundo orden que forman el contorno del perfil pueden variar también entre el pie del álabe y el vértice del álabe. De este modo es posible una configuración rápida y sin complicaciones de álabes cilíndricos y en particular también de álabes para turbomáquinas retorcidos, cuya masa puede ser constante o variable a lo largo de la hoja del álabe. La modificación de la masa puede ser tanto lineal, cuanto exponencial, correspondiente a un cuerpo con la misma estabilidad a la tracción o según una ley de variación predeterminada cualquiera.

A continuación se explican con más detalle ejemplos de realización de la invención por medio del dibujo. En éste:

La figura 1 muestra un contorno de perfil que se ha configurado a partir de dos segmentos de elipse, dos segmentos de parábola y tres segmentos de circunferencia.

La figura 2 muestra el contorno del perfil representado en la figura 1 con los ejes de referencia y los parámetros de los segmentos curvilíneos individuales.

5 La figura 3 muestra un contorno de perfil, que se ha formado a partir de dos segmentos de elipse, dos segmentos de parábola y dos segmentos de circunferencia.

10 La figura 1 muestra el contorno de perfil de un álabe para turbomáquina con siete segmentos de perfil en total unidos entre sí con pendiente continua. Comenzando en la zona de transición comprendida entre el lado impelente y el borde anterior, el contorno del perfil se forma entre los puntos A y E mediante un primer segmento de elipse. A este primer segmento de elipse AE se une un segundo segmento de elipse EB que se prolonga hasta la zona del lado aspirante. El ulterior recorrido del contorno del perfil en la zona del lado adpirante se forma mediante un primer segmento de circunferencia BC y un primer segmento de parábola CD, unido al anterior, de una parábola de segundo orden. El borde posterior está constituido mediante un segundo segmento de circunferencia DG, el cual se une al primer segmento de parábola CD. En la zona del lado impelente se une al segundo segmento de circunferencia DG un segundo segmento de parábola GI de una segunda parábola de segundo orden. La trayectoria ulterior del lado impelente se determina entonces mediante un tercer segmento de circunferencia IA, el cual se une con el segundo segmento de parábola GI y coincide hacia el borde anterior con el primer segmento de elipse EA.

20 Para seguir explicando el contorno de perfil representado en la figura 1 se hará referencia a la figura 2. En este caso sirve como sistema de referencia un sistema de coordenadas cartesianas plano x-y con el eje de abscisas x y el eje de orde  
30

nadas y, siendo tangente el eje de abscisas x en la zona del borde posterior y en la zona del borde anterior al contorno del perfil y siendo tangente el eje de ordenadas y en la zona del borde anterior con el contorno del perfil.

5

El primer segmento de elipse AE se ha referido localmente a un sistema de coordenadas V-W, cuyo centro se ha designado con O<sub>1</sub> y cuyo eje de abscisas V forma el ángulo θ<sub>0</sub> con el eje de abscisas x del sistema principal. El primer segmento de elipse AE puede representarse entonces con la ecuación del punto central.

10

$$W = \frac{1}{k_2} \sqrt{V_0^2 - V^2}$$

en la que V<sub>0</sub> representa el semi-eje mayor, W<sub>02</sub> el semi-eje menor o bien k<sub>2</sub> = V<sub>0</sub> / W<sub>02</sub> la proporción entre los semi-ejes.

15

El segundo segmento de elipse EB está referido localmente del mismo modo al sistema de coordenadas V-W y puede representarse por la ecuación del punto central.

$$W = \frac{1}{k_1} \sqrt{V_0^2 - V^2}$$

20

en la que V<sub>0</sub> representa el semi-eje mayor, W<sub>01</sub> el semi-eje menor o bien k<sub>2</sub> = V<sub>0</sub> / W<sub>01</sub> representa la proporción entre los semi-ejes.

25

Puesto que el semi-eje mayor V<sub>0</sub> es igual para ambas elipses, el punto E constituye un vértice común del primer segmento de elipse AE y del segundo segmento de elipse EB.

El primer segmento de circunferencia BC se determina mediante un círculo cuyo centro se ha designado por O<sub>2</sub> y su radio por R<sub>2</sub>.

30

El primer segmento de parábola CD de la primera parábola de segundo orden se ha referido localmente a un sistema de coordenadas  $\xi_1 - \eta_1$ , cuyo punto cero yace en C y cuyo eje de abscisas  $\xi_1$  pasa por el centro  $O_2$  del primer segmento de circunferencia BC. El primer segmento de parábola CD puede representarse entonces mediante la ecuación del vértice.

$$\eta_1^2 = 2 R_2 \xi_1$$

De esta ecuación del vértice se deduce que el radio del primer segmento de circunferencia BC es igual al radio del círculo cenital de la primera parábola de segundo orden. El primer segmento de circunferencia BC puede representarse pues también mediante la ecuación del vértice

$$\eta_1^2 = \xi_1 (2 R_2 - \xi_1)$$

El segundo segmento de circunferencia DG se determina mediante un círculo, cuyo centro se ha designado por  $O_3$  y cuyo radio se ha designado por  $R_3$ . Este círculo se refiere al sistema de coordenadas x-y y es tangente al eje de abscisas x.

El segundo segmento parabólico GI de la segunda parábola de segundo orden está referido localmente sobre un sistema de coordenadas  $\xi_2 - \eta_2$ , cuyo punto cero yace en I y cuyo eje de abscisas  $\xi_2$  pasa a través del centro  $O_4$  del tercer segmento de círculo IA. El segundo segmento parabólico GI puede representarse entonces mediante la ecuación del vértice.

$$\eta_2^2 = 2 R_4 \xi_2$$

representando  $R_4$  el radio del círculo cenital de la segunda parábola de segundo orden. Dado que este radio  $R_4$  corresponde también al radio del tercer segmento circular IA, cuyo centro

yace en  $O_4$ , puede representarse el tercer segmento circular IA pues también mediante la ecuación del vértice

$$n_2^2 = \xi_2 (2 R_4 - \xi_2)$$

5 El tercer segmento de círculo IA con el centro  $O_4$  podría referirse igualmente al sistema de coordenadas x-y.

10 En la figura 2 se ha designado además por L la longitud del contorno del perfil. Con  $\Psi_1$  se ha designado el ángulo comprendido entre las normales en el punto A y el eje de ordenadas  $y$ , y con  $\Psi_2$  el ángulo comprendido entre las normales en el punto B y el eje de abscisas x.

La forma del contorno del perfil se determina entonces por los siguientes parámetros

1. La longitud del perfil L,
- 15 2. La magnitud de la proporción entre los semi-ejes  $K_1$ ,
3. La magnitud de la proporción entre los semi-ejes  $K_2$ ,
4. La longitud del semi-eje  $V_0$ ,
5. La magnitud del ángulo  $\theta_0$ ,
6. La longitud del radio del círculo cenital  $R_2$  de la primera
- 20 parábola de segundo orden,
7. La longitud del radio del círculo cenital  $R_4$  de la segunda parábola de segundo orden,
8. La magnitud del ángulo  $\Psi_1$ ,
9. La magnitud del ángulo  $\Psi_2$ ,
- 25 10. La longitud de la coordenada  $x_D$  del punto D, y
11. La longitud de la coordenada  $y_D$  del punto D.

30 Mediante la variación de los parámetros anteriormente indicados puede encontrarse en la construcción de un álabe para turbomáquinas un contorno de perfil adecuado, que cumpla las exigencias desde el punto de vista de la hidrodinámica y de la

mecánica.

La figura 3 muestra otro contorno del perfil en el que se ha desistido de la representación de los sistemas de referencia y de los parámetros individuales para simplificar la exposición gráfica. Los sistemas de referencia y los parámetros representados en la figura 2 sirven, sin embargo, de la misma forma también para el contorno de perfil representado en la figura 3.

En general deben tenerse en cuenta en la construcción de un contorno de perfil las siguientes influencias de los parámetros sobre la forma del perfil;

a) efecto de las proporciones de los semi-ejes  $k_1$  y  $k_2$

$$\text{Caso 1 } k_1 = k_2 > 1$$

Los segmentos de elipse AE y EB yacen simétricamente con respecto al eje de abscisas V.

En general debe observarse que cuanto mayores sean  $k_1$  y  $k_2$  más se aproximarán los segmentos de elipse AE y EB al eje de abscisas  $V_0$

$$\text{Caso 2: } 1 < k_1 \neq k_2 > 1$$

El segmento de elipse con el valor menor de k yace más alejado del eje de abscisas V que el segmento de elipse con el valor de k mayor.

$$\text{Caso 3: } k_1 = k_2 = 1$$

En este caso se transforma la elipse en un círculo con el radio  $R_1 = V_0$ .

b) efecto de la longitud del semi-eje  $V_0$ .

La magnitud de  $V_0$  influencia junto con las proporcio

nes de los semi-ejes  $k_1$  y  $k_2$  directamente la forma de los segmentos de elipse AE y EB.

c) efecto del ángulo  $\theta_0$ .

Cuanto mayor sea el ángulo  $\theta_0$  más curvado será también el contorno del perfil y a la inversa.

d) efecto del radio  $R_2$ .

El primer segmento de parábola CD es tanto más aplanoado cuanto menor sea el radio  $R_2$ .

e) efecto del radio  $R_4$ .

El segundo segmento de parábola GI es tanto más aplanoado cuanto menor sea el radio  $R_4$ .

f) efecto del ángulo  $\psi_1$ .

En caso de que aumente el ángulo  $\psi_1$  se prolongará el primer segmento de elipse AE y se reducirá el radio  $R_4$ .

g) efecto del ángulo  $\psi_2$ .

En caso de que aumente el ángulo  $\psi_2$  se prolongará el segundo segmento de elipse EB.

h) efecto de la coordinación del punto D.

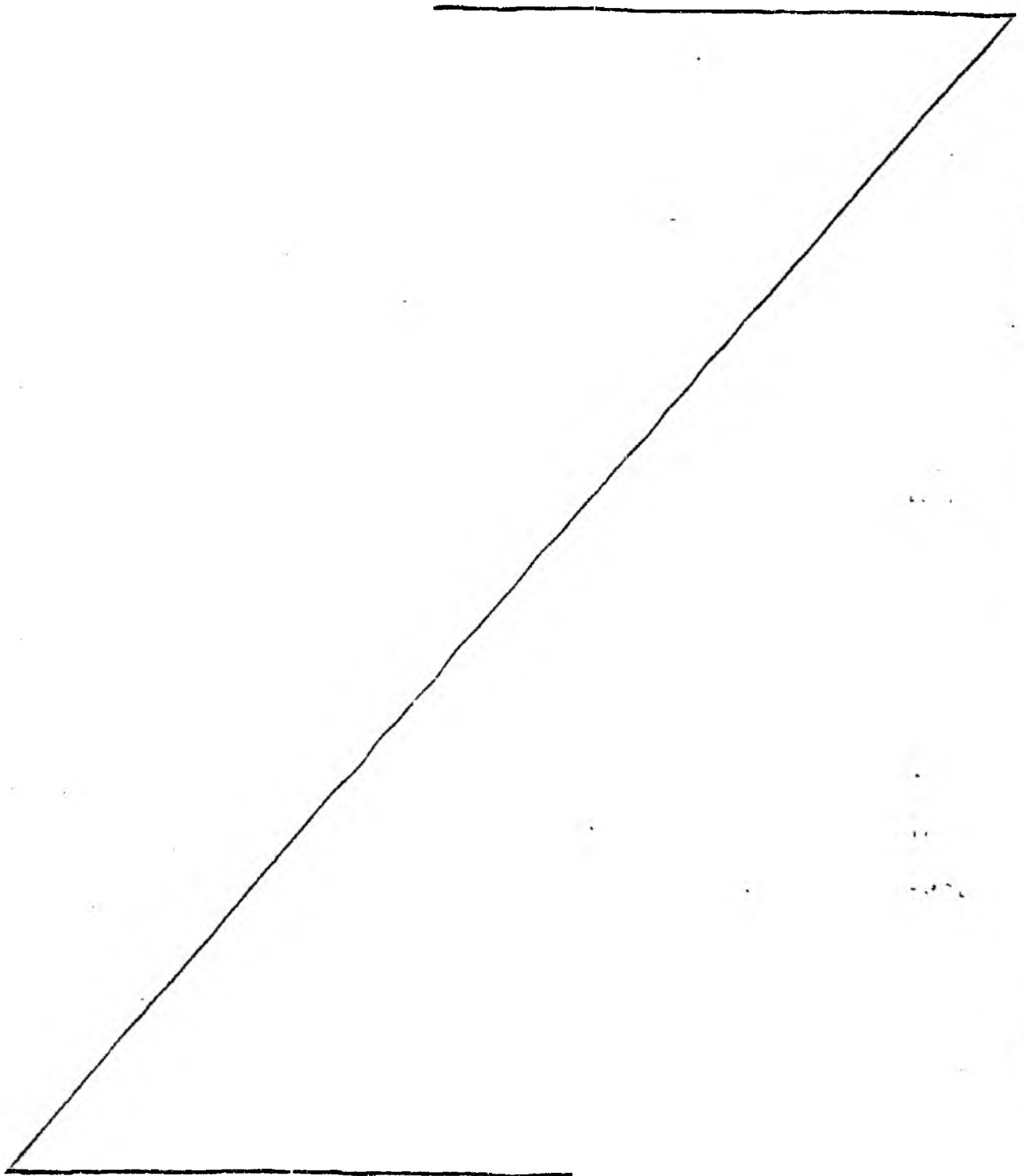
El aumento del valor de la ordenada  $y_D$  provoca una prolongación del segundo segmento de circunferencia DG.

El valor de la abscisa  $x_D$  influye sobre la posición del máximo de curvatura en la zona del lado aspirante.

Por medio de los parámetros indicados se puede proyectar perfiles con las propiedades de estabilidad necesarias y las formas aerodinámicas necesarias. Tras un cálculo aerodinámico positivo y en base a los resultados obtenidos puede verificarse una optimización aerodinámica mediante modificaciones ligeras de los parámetros adecuados, sin que se perjudiquen las propiedades de estabilidad necesarias. Para la fabricación del contorno del perfil, el cálculo de la estabilidad, el cál-

culo aerodinámico y la optimación aerodinámica pueden emplearse calculadoras programadas correspondientes.

5            Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental.



REIVINDICACIONES

1.- Alabe para turbomáquinas con un contorno convexo en la zona del borde anterior, del lado aspirante y del borde posterior y cóncavo en la zona del lado impelente, adoptando todo el contorno del perfil una trayectoria curva continua y que está constituida:

- en la zona del borde anterior por un primer segmento elíptico (AE) y por un segundo segmento elíptico (EB) que sigue al anterior,

- en la zona del lado aspirante, por un primer segmento circular (BC) que sigue al segundo segmento elíptico (EB) y un primer segmento de parábola (CD) que sigue al primer segmento de círculo (EC) de una primera parábola de segundo orden,

- en la zona del borde posterior, por un segundo segmento circular (DG) que sigue al primer segmento de parábola (CD), y

- en la zona del lado impelente, por un tercer segmento de círculo (IA) que se une con el primer segmento elíptico (AE), caracterizado porque el contorno del perfil en la zona del lado impelente está constituido adicionalmente por un segundo segmento parabólico (GI) de una parábola de segundo orden, que se une con el segundo segmento de círculo (DG) y con el tercer segmento de círculo (IA).

2.- Alabe según la reivindicación 1, caracterizado porque la primera elipse, que constituye el primer segmento elíptico (AE) y la segunda elipse, que constituye el segundo segmento elíptico (EB) tienen un semi-eje mayor común y coinciden mutuamente en el vértice común (E) situado sobre el semi-eje.

3.- Alabe según la reivindicación 2, caracterizado porque el semi-eje menor de la primera y de la segunda elipse presentan la misma longitud.

4.- Alabe según la reivindicación 3, caracterizado porque todos los semi-ejes de la primera y de la segunda elipse tienen la misma longitud.

5.- Alabe según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el primer segmento de círculo (BC) se une en el vértice (C) de la primera parábola de segundo orden con curvatura continua con el primer segmento parabólico (CD).

6.- Alabe según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el tercer segmento de círculo (IA) se une en el vértice (I) de la segunda parábola de segundo orden con curvatura continua con el segundo segmento parabólico (GI).

7.- Alabe según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque los parámetros de las curvas de segundo orden que constituyen el contorno del perfil varían entre el pie del álabe y el vértice del álabe.

8.- Alabe para turbomáquina; tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria, e ilustrado en los dibujos adjuntos.

Esta Memoria consta de 14 hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 15 DIC. 1983

KRAFTWERK UNION AKTIENGESELLSCHAFT.

J. M. BONEZ ACEBO Y POMBOS  
a. n. Firmado: J. Suarez Diaz

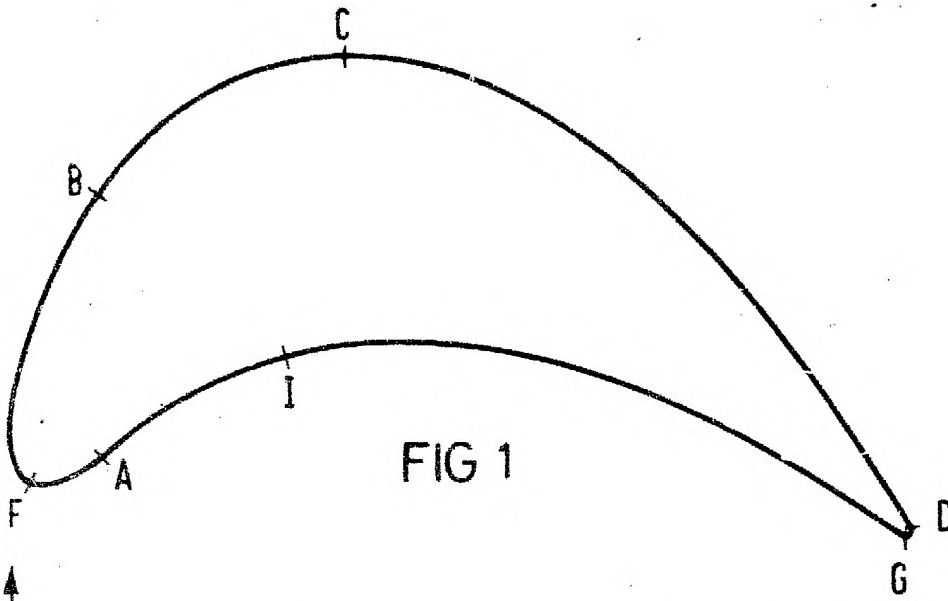


FIG 1

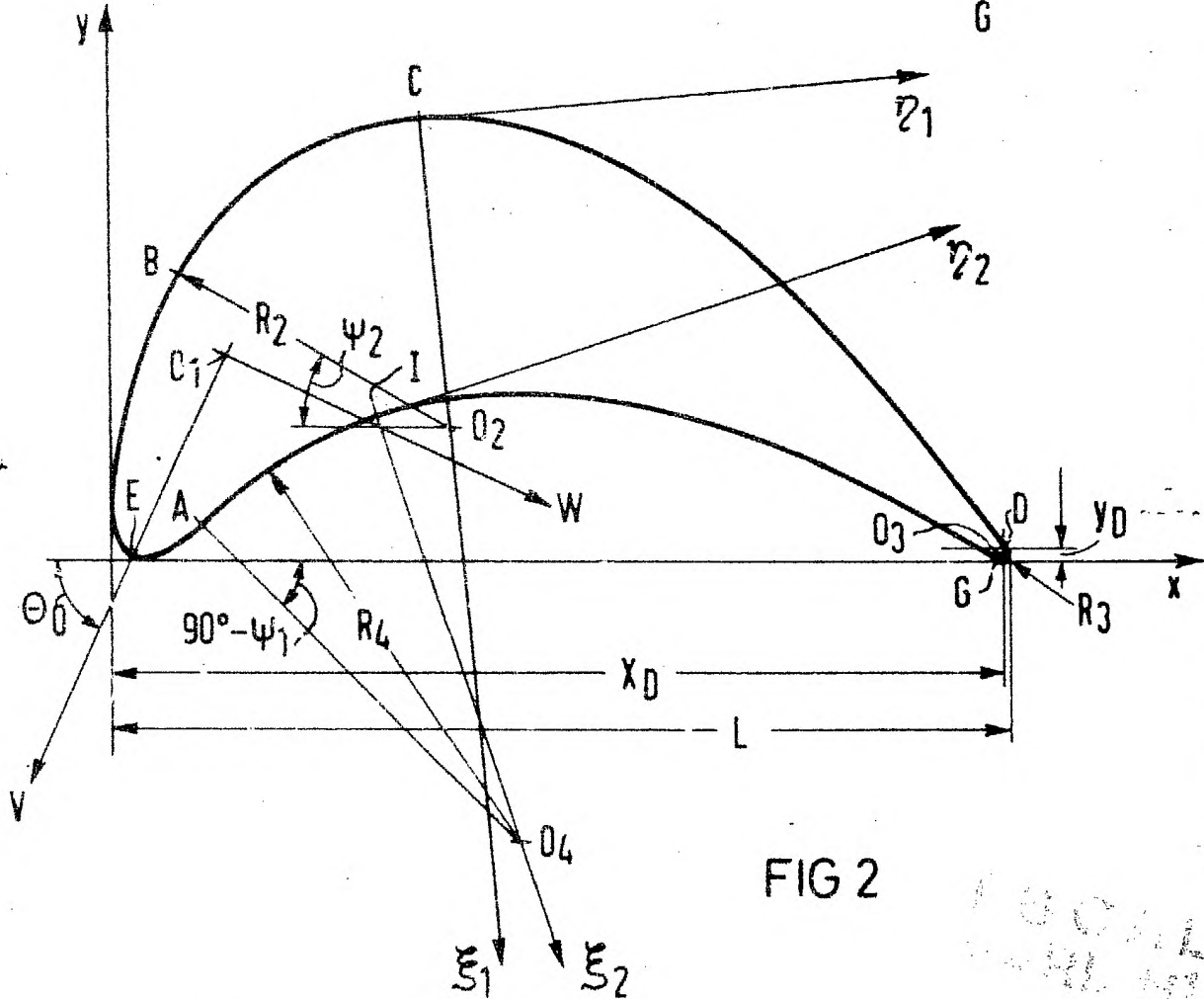


FIG 2

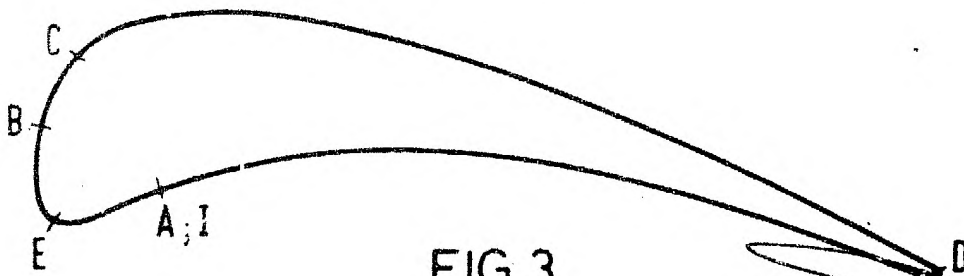


FIG 3

ESCALA  
ARBITRARIA

Madrid 618 ENE. 1903

J. M. GOMEZ REYES Y PONS  
e. e. Firmado J. Suarez Diaz