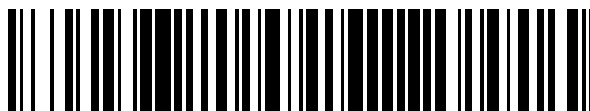


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 583 157**

51 Int. Cl.:

**G01N 19/04** (2006.01)

**G01N 3/00** (2006.01)

**B23K 11/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.10.2013 E 13187974 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.04.2016 EP 2720025**

54 Título: **Procedimiento de selección para espesores de chapa y combinaciones de calidades de material para puntos de soldadura cargados por tracción en cruz y de cizallamiento**

30 Prioridad:

**12.10.2012 DE 102012109765**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**19.09.2016**

73 Titular/es:

**THYSSENKRUPP STEEL EUROPE AG (100.0%)  
Kaiser-Wilhelm-Strasse 100  
47166 Duisburg, DE**

72 Inventor/es:

**HINZ, MARTIN**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 583 157 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Procedimiento de selección para espesores de chapa y combinaciones de calidades de material para puntos de soldadura cargados por tracción en cruz y de cizallamiento

5 La invención se refiere a un procedimiento para la determinación de la fuerza de tracción máxima de una unión de chapas ensambladas de una calidad de material dependiendo de varios parámetros de soldadura para la facilitación de valores de carga máxima para uniones de piezas ensambladas así como a un procedimiento de selección para la selección de una combinación de espesores de chapa y calidades de material para condiciones de carga predeterminadas de manera específica en puntos de soldadura cargados por tracción en cruz o de cizallamiento.

10 En carrocerías de vehículos se usan muchos puntos de soldadura mediante el uso del procedimiento de punto de soldadura por resistencia. Dependiendo de la posición del punto de soldadura y de la respectiva pieza pueden aparecer fuerzas de tracción de cizallamiento y/o de tracción en cruz de distintas magnitudes, que exigen por consiguiente requerimientos específicos a los espesores de chapa así como a las calidades de material y procedimientos de soldadura que van a usarse. Un fallo de un punto de soldadura puede conducir por ejemplo en piezas relevantes en caso de choque a una seguridad interior reducida, de modo que en estas piezas se aplica un cuidado especialmente alto en la selección de los materiales y espesores de chapa y parámetros de punto de soldadura. Además han de considerarse sin embargo también otras condiciones límites para la carrocería, por ejemplo costes y peso de las chapas usadas. Además del espesor de chapa y la calidad de material tiene también el diámetro de punto de soldadura una influencia considerable sobre las cargas que van a soportarse por la unión de soldadura. Los requerimientos de carga máxima pueden simularse y con ello calcularse durante la construcción de las carrocerías de vehículo o sin embargo también durante la construcción de piezas que contienen uniones de punto de soldadura. Hasta ahora se ha determinado qué chapas y qué diámetros de punto de soldadura pueden usarse. Se ha descubierto que si bien la carga máxima de una unión de soldadura está relacionada de manera casi lineal con el diámetro de punto de soldadura, sin embargo esta dependencia se modifica con espesor de chapa creciente, aumentando la pendiente por espesor de chapa. Una previsión del comportamiento más allá de los distintos espesores de chapa no ha sido posible hasta ahora. En el pasado se realizó por tanto para cada espesor de chapa considerado una serie de ensayos de tracción de cizallamiento o de tracción en cruz para hallar la correcta combinación de espesor de chapa, calidad de material y diámetro de punto de soldadura. Inevitablemente era necesario, por tanto, un elevado número de ensayos para seleccionar las combinaciones que pueden usarse de espesores de chapa y calidades de material para los requerimientos específicos. En particular no era posible predecir para requerimientos específicos el comportamiento de las uniones de punto de soldadura dentro de intervalos de espesor de chapa. Un procedimiento para la selección automatizada de chapas para procesos de conformación si bien se conoce por la patente europea EP 1392 455 B1, sin embargo éste se ocupa de procesos de conformación y no existe ningún indicio de uniones de punto de soldadura.

35 Además se conoce por la publicación "The modeling and process analysis of resistance spot welding on galvanized steel sheets used in car body manufacturing" (Hamidinejad y col.) un procedimiento para la determinación de valores de carga máxima para uniones de chapa de chapas de una calidad de material dependiendo de varios parámetros de soldadura, en el que se usa una función de ajuste lineal que describe la dependencia empírica del valor de carga máxima de los parámetros de soldadura.

40 Finalmente, las publicaciones "An experimental investigation on critical specimen sizes of high strength steels DP600 in resistance spot welding" (Yang y col.), "Experimental and modeling investigation of the failure resistance of Advanced High Strength Steels spot welds" (Dancette y col.) y "Regression modeling and process analysis of resistance spot welding on galvanized steel sheet" (Luo Yi y col.) describen la influencia del espesor de chapa y del diámetro de punto de soldadura sobre el valor de carga máxima.

45 Frente a esto, la presente invención se ha enfrentado al objetivo de facilitar un procedimiento para la determinación de la carga máxima para uniones de chapa de chapas de una calidad de material dependiendo del espesor de chapa  $t$  y del diámetro de punto de soldadura  $dp$ , de modo que pueda encontrarse una selección sencilla de espesores de chapa, calidades de material y diámetros de punto de soldadura para cumplir los requerimientos predeterminados en la unión de punto de soldadura. Además, la presente invención se basa en el objetivo de facilitar un procedimiento para la selección de una combinación de espesores de chapa y calidades de material para la facilitación de uniones de chapa con una carga máxima predeterminada.

50 De acuerdo con una primera enseñanza de la presente invención se soluciona el objetivo mostrado mediante un procedimiento, en el que la calidad de material depende del espesor de chapa  $t$  y del diámetro de punto de soldadura  $dp$ , que se aplica en un intervalo de espesor de chapa  $(t_i, t_{i+1})$  para una calidad de material, en el que a partir de datos de tracción en cruz y/o de tracción de cizallamiento de uniones de chapa con distintos diámetros de punto de soldadura usando una regresión lineal de los datos de medición de tracción en cruz o de tracción de cizallamiento de al menos dos espesores de chapa distintos  $t_i$  y  $t_{i+1}$ , que corresponden al límite superior y al límite inferior del intervalo de espesor de chapa  $(t_i, t_{i+1})$ , se determina una función común para la carga máxima  $G(dp,t)$ , que se aplica para un intervalo de espesor de chapa  $(t_i, t_{i+1})$  y una calidad de material y tiene la forma:

$$G(dp,t) = a \cdot dp + b \cdot t + c ,$$

siendo a, b y c de dp o t variables independientes,

y en el que se realizan las siguientes etapas:

- 5 - realizar una multiplicidad de ensayos de tracción de cizallamiento o de tracción en cruz para la medición de la fuerza de tracción máxima  $F_{m\acute{a}x}$  de chapas ensambladas con distintos espesores de chapa en el intervalo de espesor de chapa ( $t_i, t_{i+1}$ ) y distintos diámetros de punto de soldadura  $dp$  dentro de un intervalo de diámetro de punto de soldadura permisible ( $dp_{m\acute{i}n}, dp_{m\acute{a}x}$ ) con la misma calidad de material,
- determinar una función de regresión lineal de la fuerza de tracción máxima  $F_{m\acute{a}x,t_i}(dp)$  para al menos dos espesores de chapa  $t_i$  y  $t_{i+1}$  de una calidad de material,
- 10 - establecer un intervalo de desviación con límite superior e inferior para las al menos dos funciones de regresión, aplicándose para el límite superior:

$$F_{m\acute{a}x,OG,t_i}(dp) = F_{m\acute{a}x,t_i}(dp) + dQ \quad y$$

aplicándose para el límite inferior:

$$F_{m\acute{a}x,UG,t_i}(dp) = F_{m\acute{a}x,t_i}(dp) - dQ ,$$

- 15 - determinar una primera función de tendencia lineal  $T_{t_i}(dp)$  con la pendiente  $m_{t_i}$  para un primer espesor de chapa, que discurre por los puntos ( $dp_{m\acute{i}n}/F_{m\acute{a}x,UG,t_i}(dp_{m\acute{i}n})$ ) y ( $dp_{m\acute{a}x}/F_{m\acute{a}x,OG,t_i}(dp_{m\acute{a}x})$ ),
- determinar una segunda función de tendencia lineal  $T_{t_{i+1}}(dp)$  con la pendiente  $m_{t_{i+1}}$  para un segundo espesor de chapa, que discurre por los puntos ( $dp_{m\acute{i}n}/F_{m\acute{a}x,OG,t_{i+1}}(dp_{m\acute{i}n})$ ) y ( $dp_{m\acute{a}x}/F_{m\acute{a}x,UG,t_{i+1}}(dp_{m\acute{a}x})$ ),
- en el que el primer espesor de chapa  $t_i$  es más bajo que el segundo espesor de chapa  $t_{i+1}$  y la pendiente  $m_{t_i}$  es mayor que la pendiente  $m_{t_{i+1}}$ ,
- 20 - determinar otra función de tendencia  $G_{t_i}(dp, t_i) = m \cdot dp + b_{t_i}$  al menos para dos espesores de chapa  $t_i$  y  $t_{i+1}$ , con

a)

$$G_{t_i}((dp_{m\acute{a}x} + dp_{m\acute{i}n})/2, t_i) = F_{m\acute{a}x,t_i}((dp_{m\acute{a}x} + dp_{m\acute{i}n})/2)$$

y

b)

$$25 \quad G_{t_{i+1}}(dp, t) = G_{t_i}(dp, t_i) + b(t),$$

en el que

$$m = (m_{t_i} + m_{t_{i+1}})/2 ,$$

$$b(t) = b \cdot (t - t_i) \quad y$$

$$b = \frac{F_{m\acute{a}x,t_{i+1}}((dp_{m\acute{a}x} + dp_{m\acute{i}n})/2) - F_{m\acute{a}x,t_i}((dp_{m\acute{a}x} + dp_{m\acute{i}n})/2)}{t_{i+1} - t_i} .$$

- 30 de modo que  $G_{t_{i+1}}(dp, t) = m \cdot dp + b_{t_i} + b \cdot (t - t_i)$  indica la fuerza de tracción máxima de una unión de chapa dependiendo del espesor de chapa dentro del intervalo de espesor de chapa ( $t_i, t_{i+1}$ ) y dependiendo del diámetro de punto de soldadura  $dp$ .

35 Ha resultado que, usando la regresión lineal de los datos de tracción en cruz o de tracción de cizallamiento, pueden suponerse como lineal tanto la dependencia de los valores de carga de uniones de soldadura, dependiendo del diámetro de punto de soldadura, así como del espesor de chapa, de modo que para intervalos de espesor de chapa

específicos tanto la dependencia de los espesores de chapa de los valores de carga como también la dependencia del diámetro de punto de soldadura de los valores de carga puede representarse en una única función. En un intervalo de espesor de chapa dado reduce esto el esfuerzo de ensayos de tracción en cruz o de cizallamiento considerablemente, dado que en los intervalos de espesor de chapa deben medirse únicamente los límites externos del intervalo. La relación sencilla entre las magnitudes permite determinar la carga máxima predeterminada  $G(dp, t)$  antes por medio de algunos datos de ensayo para un intervalo de espesor de chapa de  $t_i$  a  $t_{i+1}$ , sin que sean necesarios ensayos empíricos con el correspondiente espesor de chapa. El número de ensayos necesarios para la determinación de la carga máxima y de la selección de los espesores de chapa específicos y combinaciones de calidades de material se reduce considerablemente debido a ello.

El uso de la primera y segunda función de tendencia lineal  $T_i(dp)$  y  $T_{i+1}(dp)$  permite determinar una función de tendencia  $G_{ii}(dp, t)$  común, a través de la cual en un intervalo de espesor de chapa de  $t_i$  a  $t_{i+1}$  sin más una única función matemática puede predeterminar las cargas permisibles de una unión de punto de soldadura dependiendo del diámetro de punto de soldadura y el espesor de la chapa para una calidad de material. Para ello un intervalo de desviación  $+ l-dQ$ , que define las desviaciones permitidas de la función de regresión  $F_{m\acute{a}x, ti}(dp)$ . Las funciones de tendencia lineales  $T_i(dp)$  o  $T_{i+1}(dp)$  tienen la forma general  $T_i(dp) = m_{ti} \cdot dp + e_{ti}$  y usan el intervalo de desviación para comprobar si es posible definir una función de tendencia común para el intervalo de espesor de chapa. Las funciones de tendencia  $T_i(dp)$  o  $T_{i+1}(dp)$  cortan los grados de regresión  $F_{m\acute{a}x, ti}(dp)$  o  $F_{m\acute{a}x, ti+1}(dp)$  en el punto de desarrollo  $(dp_{min} + dp_{m\acute{a}x})/2$  y se alinean de manera que la función de tendencia  $T_i(dp)$  con respecto a la función de regresión  $F_{m\acute{a}x, ti}(dp)$  con la pendiente más baja, por regla general la función de regresión para el espesor de chapa más bajo, presenta la pendiente permitida como máximo en el intervalo de desviación. A la inversa se determina también la función de tendencia  $T_{i+1}(dp)$  para el espesor de chapa más grande de manera que ésta presenta la pendiente posible más baja en el intervalo de desviación. Con el requerimiento de que la pendiente  $m_{ti}$  sea más grande que la pendiente  $m_{ti+1}$  se garantiza que una función de tendencia pueda alinearse con bajo error que presente para todos los espesores de chapa en el intervalo de espesor de chapa una pendiente común. La función de tendencia  $G_{ii}(dp, t)$  para cada espesor de chapa individual corta la recta de regresión  $F_{m\acute{a}x, ti}(dp)$  de cada espesor de chapa igualmente en el punto de desarrollo que se encuentra en el centro del intervalo de diámetro de punto de soldadura  $(dp_{min}, dp_{m\acute{a}x})$ , o sea con  $(dp_{min} + dp_{m\acute{a}x})/2$ . Mediante esto se consigue que el error que se realiza mediante la función de tendencia común  $G_{ii}(dp, t)$  esté distribuido de la manera más baja y simétrica posible en relación a los límites  $dp_{min} + dp_{m\acute{a}x}$ . Se ha mostrado que con el uso de estas funciones de tendencia  $G_{ii}(dp, t)$  de los espesores de chapa individuales puede alinearse una función de tendencia para un intervalo de espesor de chapa de  $t_i$  a  $t_{i+1}$ , que mediante selección de las correspondientes magnitudes de diámetro de punto de soldadura o del correspondiente espesor de chapa permite determinar la respectiva fuerza de tracción máxima matemáticamente y a continuación seleccionarla únicamente para la correspondiente aplicación. Esta función de tendencia tiene la forma

$$G_{t_{i+1}}(dp, t) = m \cdot dp + b_{t_i} + b \cdot (t - t_i)$$

con

$$m = (m_{t_i} + m_{t_{i+1}})/2 \quad y \quad b = \frac{F_{m\acute{a}x, t_{i+1}}((dp_{m\acute{a}x} + dp_{min})/2) - F_{m\acute{a}x, t_i}((dp_{m\acute{a}x} + dp_{min})/2)}{t_{i+1} - t_i}$$

Por medio de esta función puede calcularse ahora de manera sencilla la repercusión de espesores de chapa y diámetros de punto de soldadura en un intervalo de espesor de chapa de una única calidad de material, sin que el error del cálculo se vuelva grande. Deben realizarse en este sentido sólo ensayos de tracción de cizallamiento o ensayos de tracción en cruz, dependiendo de qué carga tiene prioridad, en los límites del intervalo de espesor de chapa, para permitir una predicción del comportamiento en el intervalo de espesor de chapa. Preferentemente debían medirse de 6 a 8 diámetros de punto de soldadura distintos por espesor de chapa para determinar la recta de regresión.

De acuerdo con otra configuración del procedimiento de acuerdo con la invención se usa como límite inferior del diámetro de punto de soldadura  $dp_{min}$  el valor  $4 \cdot \sqrt{t}$  y como límite superior del diámetro de punto de soldadura  $dp_{m\acute{a}x}$  el valor  $6 \cdot \sqrt{t}$ . Por debajo del  $dp_{min}$  seleccionado existe el riesgo de que no se consiga ninguna unión de soldadura suficiente entre las dos chapas y únicamente una denominada unión de adherencia entre éstas. Por encima del límite de diámetro de punto de soldadura  $dp_{m\acute{a}x}$  pueden producirse chispas no deseadas del punto de soldadura.

De acuerdo con otra configuración del procedimiento se determina la función de tendencia  $G_{ii+1}(dp, t)$  para distintas calidades de material y/o para distintos intervalos de espesor de chapa  $(t_i, t_{i+1})$ . Mediante esto se consigue que puedan compararse entre sí distintas calidades de material con distintos espesores de chapa, lo que hasta ahora representaba un problema considerable o estaba unido a un gasto muy grande. Además, con el uso de distintos intervalos de espesor de chapa existe la posibilidad de reproducir, mediante pocas mediciones, grandes intervalos de espesor de chapa con pocas funciones matemáticas. Esto permite predecir la carga máxima para uniones de

punto de soldadura en grandes zonas y facilitar combinaciones optimizadas de manera correspondiente de espesores de chapa y calidades de material.

5 De manera especialmente preferente, el intervalo de espesor de chapa ( $t_i, t_{i+1}$ ) indica valores de espesor de chapa entre 0,5 mm y 2,5 mm, preferentemente de 1,0 mm a 2,0 mm. Se ha mostrado que en particular con los espesores de capa típicos, tal como aparecen en el sector de vehículos, concretamente en el intervalo de 1,0 mm a 2,0 mm, se consigue una muy buena predicción de la carga máxima de una unión de punto de soldadura dependiendo del espesor de chapa así como del diámetro de punto de soldadura.

10 Siempre que deba excluirse la influencia de distintas calidades de material en la determinación de la función de tendencia  $G_{\#i+1}(dp, t)$ , se proporcionan los distintos espesores de chapa en el intervalo de espesor de chapa ( $t_i, t_{i+1}$ ) mediante rectificación hacia abajo de una única chapa. Esto eleva la precisión de la predicción de las fueras de carga.

15 De acuerdo con una segunda enseñanza de la presente invención se soluciona el objetivo mostrado anteriormente mediante un procedimiento para la selección de una combinación de espesores de chapa y calidades de material para la facilitación de uniones de chapa con una carga máxima predeterminada, con la que se determinan de acuerdo con la invención en primer lugar las funciones de tendencia  $G_{\#i+1}(dp, t)$  para intervalos de espesor de chapa ( $t_i, t_{i+1}$ ) y para distintas calidades de material y a continuación se determinan las combinaciones de espesores de chapa y calidades de material mediante evaluación de las funciones de tendencia  $G_{\#i+1}(dp, t)$  que cumplen las especificaciones con respecto a la carga máxima. Se facilita en este sentido un procedimiento de selección automático que, de manera correspondiente a las especificaciones con respecto a la unión de punto de soldadura, por ejemplo de la carga máxima permisible, facilita correspondientes combinaciones de espesores de chapa, diámetros de punto de soldadura y calidades de material.

20 Adicionalmente puede optimizarse el procedimiento debido a que se selecciona una combinación de espesores de chapa y calidad de material, que realizan las especificaciones de la carga máxima con mínimo peso. Con el procedimiento de acuerdo con la invención puede facilitarse en este sentido de manera especialmente sencilla una variante con peso optimizado de una unión de punto de soldadura, que consigue al mismo tiempo la carga máxima del punto de soldadura.

25 Lo mismo se aplica también para la especificación de resistencias a la tracción y límites de elasticidad, que en este sentido conducen a una selección específica de la calidad de material y pueden considerarse sin más en el procedimiento de acuerdo con la invención. Las especificaciones con respecto a la resistencia a la tracción  $R_m$  y límite de elasticidad  $R_e$  de la calidad de material pueden considerarse también aspectos de construcción de mayor importancia, por ejemplo requerimientos a la rigidez de la carrocería. Dentro de las calidades de material ya no existe la necesidad de medir todos los espesores de chapa. Únicamente los límites del intervalo de espesor de chapa  $t_i$  a  $t_{i+1}$  deben asegurarse mediante resultados de ensayo.

35 A continuación se explicará en más detalle la invención por medio de un ejemplo de realización en relación con el dibujo. El dibujo muestra en

- la figura 1 valores de medición de tracción de cizallamiento para una calidad de material del tipo DX54D con distintos espesores de chapa con distintos diámetros de punto de soldadura  $dp$ ,
- la figura 2 en un diagrama los datos de medición de tracción de cizallamiento del espesor de chapa 1,0 mm, el correspondiente intervalo de desviación y la nueva función de tendencia  $t$  1,0,
- 40 la figura 3 en comparación los espesores de chapa 2,0 mm y 1,0 mm y sus funciones  $F_{m\acute{a}x}$ ,  $T$  así como  $G$  en comparación,
- la figura 4 en un diagrama la función de tendencia común  $G_{ti}$  para distintos espesores de chapa,
- la figura 5 un diagrama de flujo esquemático para un ejemplo de realización de un procedimiento de selección para espesores de chapa, diámetros de punto de soldadura y calidades de material, y
- 45 la figura 6 una vista en corte esquemática de una disposición de ensayo de tracción de cizallamiento y de tracción en cruz.

50 En el diagrama en la figura 1 están representadas gráficamente las fuerzas de tracción de cizallamiento medidas de la calidad de material DX54D frente al diámetro de punto de soldadura con distintos espesores de chapa. Llama la atención en la medición de fuerzas de tracción de cizallamiento de uniones de soldadura de distintos espesores de chapa, en cuestión de espesores de chapa de 1,0 mm a 2,0 mm, que no sólo tiene lugar un aumento de las fuerzas de tracción de cizallamiento con espesor de chapa creciente, sino también un aumento de la pendiente de la dependencia que discurre linealmente en buena aproximación del diámetro de punto de soldadura  $dp$ . Este comportamiento complejo requería hasta ahora evaluar empíricamente todos los espesores de chapa para seleccionar una combinación óptima de espesores de chapa, diámetros de punto de soldadura y calidad de material para las cargas específicas de una soldadura puntual de resistencia. Usando el procedimiento de acuerdo con la

invención se posibilita ahora medir únicamente los límites de los intervalos de espesor de chapa para determinar conclusiones de esto dentro del intervalo de espesor de chapas  $t_i$  a  $t_{i+1}$ . De acuerdo con la invención se usa a este respecto de manera aproximada una función lineal tanto en relación al diámetro de punto de soldadura como también al espesor de chapa,  $G(dp,t) = a \cdot dp + b \cdot t + c$ , que para un determinado intervalo de espesor de chapa indica la carga máxima con fallo relativamente bajo. A continuación se mostrará ahora cómo esta función relativamente sencilla puede determinar a partir de los valores de medición en los límites de espesor de chapa, por ejemplo en el presente ejemplo de realización a partir de los datos de medición de los espesores de chapa para 1,0 mm y 2,0 mm, los espesores de chapa que se encuentran entremedias.

Para ello se determina, tal como se representa en la figura 2, la función  $F_{m\acute{a}x,t_i}(dp)$  o  $F_{m\acute{a}x,1,0}(dp)$ , o sea la recta de regresión de las fuerzas de tracción de cizallamiento dependiendo del diámetro de punto de soldadura con el espesor de chapa más bajo 1,0 mm para el material DX54D. A continuación se determina un intervalo de desviación  $\pm dQ$ , que se definió en cuestión con un valor de  $\pm 0,75$  kN. En este intervalo de desviación de  $\pm 0,75$  kN deben moverse los valores de la función de una nueva función de tendencia. El intervalo de desviación  $dQ$  es igualmente significativo con el máximo fallo permisible, que puede asumir la nueva función de tendencia para las rectas de regresión. La función de tendencia  $T_{1,0}$  se define de modo que ésta se corte en el centro del intervalo de diámetro de punto de soldadura entre  $dp_{m\acute{i}n}$  y  $dp_{m\acute{a}x}$ , en cuestión con un diámetro de punto de soldadura de 4,5 mm, con la recta de regresión  $F_{m\acute{a}x,1,0}$ . Mediante esto se consigue que los intervalos preferentes del diámetro de punto de soldadura de 4,0 mm a 5,0 mm tengan un fallo pequeño, distribuido de manera simétrica alrededor de 4,5 mm. La función de tendencia  $T_{1,0}$  se define ahora de modo que ésta discorra por los puntos  $(dp_{m\acute{i}n}/F_{m\acute{a}x,UG,1,0}(dp_{m\acute{i}n}))$  y por el punto  $(dp_{m\acute{a}x}/F_{m\acute{a}x,OG,1,0}(dp_{m\acute{a}x}))$ , tal como está representado en la figura 2. Con otras palabras, la función de tendencia para el espesor de chapa bajo 1,0 mm discurre para el diámetro de punto de soldadura más bajo  $dp_{m\acute{i}n}$  por el mínimo de los valores permitidos y en el caso del diámetro de soldadura máximo permitido  $dp_{m\acute{a}x}$  por los valores permitido como máximo del intervalo de desviación  $\pm dQ$ . Como resultado presenta la nueva función de tendencia  $T_{1,0}$  una pendiente más grande que la recta de regresión  $F_{m\acute{a}x,1,0}$ .

De la misma manera se procede ahora con el espesor de chapa máximo 2,0 mm sólo con la diferencia de que la segunda función de tendencia  $T_{2,0}$  discurre por los puntos  $(dp_{m\acute{i}n}/F_{m\acute{a}x,OG,2,0}(dp_{m\acute{i}n}))$  y  $(dp_{m\acute{a}x}/F_{m\acute{a}x,UG,2,0}(dp_{m\acute{a}x}))$ . Con otras palabras, en caso del máximo espesor de chapa de 2,0 mm o también  $t_{i+1}$ , se define la función de tendencia de manera que ésta adopta con diámetro de punto de soldadura mínimo  $dp_{m\acute{i}n}$  el valor de fuerza de tracción de cizallamiento máximo y en el diámetro de punto de soldadura máximo  $dp_{m\acute{a}x}$  adopta un valor de fuerza de tracción de cizallamiento mínimo dentro del intervalo de desviación permisible. La pendiente der función de tendencia  $T_{2,0}$  es con ello más baja que la de la correspondiente función de regresión  $F_{m\acute{a}x,2,0}$ . El espesor de chapa  $t_i = 1,0$  mm es más pequeño que el espesor de chapa  $t_{i+1} = 2,0$  mm, comportándose de manera justamente inversa sin embargo las pendientes determinadas de nuevo de las funciones de tendencia  $T_{1,0}$  y  $T_{2,0}$ , concretamente la pendiente  $m_{t_i}$  o  $m_{1,0}$  es mayor que la pendiente  $m_{t_{i+1}}$  o  $m_{2,0}$ .

Además se determinan para cada chapa nuevas funciones de tendencia que presentan esta vez sin embargo pendientes idénticas. La pendiente para la nueva función de tendencia  $G_{t_i}$  se determina a partir de los valores de pendiente  $m_{t_i}$  y  $m_{t_{i+1}}$  mediante formación del valor medio entre las dos pendientes. En la figura 3 está representado en el diagrama anterior a) junto a la recta de regresión  $F_{m\acute{a}x,2,0}$  tanto la función de tendencia  $T_{2,0}$  como también la función de tendencia  $G_{2,0}$ , que presenta una pendiente idéntica a la función de tendencia  $G_{1,0}$  en el diagrama inferior b). Esto se aplica también para el diagrama inferior b), en el que está representada la función de regresión  $F_{m\acute{a}x,1,0}$  así como la función  $T_{1,0}$  y  $G_{1,0}$ . En los diagramas de la figura 3 ha de reconocerse que la función  $G_{2,0}$  o  $G_{1,0}$  está definida de manera que ésta corta el punto de desarrollo A, que está dispuesto en el centro del intervalo de diámetro de punto de soldadura, la recta de regresión  $F_{m\acute{a}x}$  por definición, ya que para la función de tendencia definida de nuevo  $G_{t_i}(dp, t_i)$  se aplica

$$G_{t_i}((dp_{m\acute{a}x} + dp_{m\acute{i}n})/2, t_i) = F_{m\acute{a}x, t_i}((dp_{m\acute{a}x} + dp_{m\acute{i}n})/2) .$$

Si se consideran ahora las funciones de tendencia  $G_{t_i}$  definidas de nuevo, representadas en la figura 4, para distintos espesores de chapa, entonces llama la atención que éstas por definición discurren en primer lugar de manera paralela una con respecto a otra. Con ello se diferencian las funciones representadas en la figura 4, tal como se indica en el diagrama de la figura 4, únicamente por la sección del eje y en su representación matemática. Se ha mostrado que resulta en muy buena aproximación una relación lineal entre las secciones del eje y que varían de la función  $G_{t_i}$  y del espesor de chapa. Ésta puede determinarse de la manera más sencilla en el punto de desarrollo A en el centro del intervalo de diámetro de punto de soldadura  $dp_{m\acute{i}n}$  a  $dp_{m\acute{a}x}$ , dado que en este caso los valores de función de las funciones de tendencia  $G_{t_i}$  por definición adoptan los valores de función de las rectas de regresión  $F_{m\acute{a}x}$  y por tanto son conocidos. En el intervalo del espesor de chapa  $t=1,0$  mm a  $t=2,0$  mm puede determinarse con ello la carga máxima mediante la siguiente función:

$$G(dp,t) = m \cdot dp + b_{1,0} + b \cdot (t - 1,0) ,$$

aplicándose

$$m = (m_{1,0} + m_{2,0})/2$$

y

$$b = \frac{F_{\text{máx},2,0}((dp_{\text{máx}} + dp_{\text{mín}})/2) - F_{\text{máx},1,0}((dp_{\text{máx}} + dp_{\text{mín}})/2)}{2,0 - 1,0}$$

5 por medio de los datos para los espesores de chapa 1,0 mm y 2,0 mm puede determinarse matemáticamente de  
 manera previa con ello de manera relativamente exacta para los espesores de chapa 1,4 mm y 1,7 mm la fuerza de  
 tracción máxima de una unión de punto de soldadura con diámetro de punto de soldadura predeterminado y  
 adaptarla de manera correspondiente a los requerimientos específicos de la unión de punto de soldadura. Existe por  
 10 tanto la posibilidad de seleccionar las correspondientes calidades de material y espesores de chapa, sin ensayos  
 empíricos en todos los espesores de chapa, mediante una predicción de la fuerza de carga máxima de una unión de  
 punto de soldadura.

Preferentemente se considera a este respecto que el diámetro de punto de soldadura mínimo asciende a  $4 \cdot \sqrt{t}$  y el  
 diámetro de punto de soldadura máximo a  $6 \cdot \sqrt{t}$ . Tal como se representa en el ejemplo de realización, ascienden  
 los valores de espesor de chapa a de 1,0 mm a 2,0 mm, sin embargo son concebibles también otros intervalos de  
 15 espesor de chapa.

En la figura 5 está representado ahora esquemáticamente otra vez el procedimiento de selección, con el que pueden  
 considerarse combinaciones de espesores de chapa y calidades de material para requerimientos específicos de la  
 carga de uniones. De acuerdo con la etapa 1 se establecen normas específicas para los espesores de chapa, para  
 el diámetro de punto de soldadura mínimo y máximo y la calidad de material. Por ejemplo pueden considerarse en la  
 20 etapa 1 también los valores establecidos para cada calidad de material de la resistencia a la tracción y límite de  
 elasticidad. En la etapa 2 se realizan los ensayos de tracción de cizallamiento o ensayos de tracción en cruz,  
 dependiendo de qué carga tiene prioridad en la aplicación. Las correspondientes funciones de tendencia  $G_{ii}(dp, t)$   
 para intervalos de espesor de chapa  $(t_i, t_{i+1})$  también para distintas calidades de material se determinan igualmente  
 en la etapa 2. En la etapa 3 se evalúan entonces las funciones de tendencia en relación a posibles valores de las  
 25 uniones de soldadura en el intervalo objetivo, que se predeterminó ya en la etapa 1. Al final puede indicarse  
 entonces en la etapa 4 las correspondientes combinaciones de espesores de chapa y calidades de material así  
 como la configuración de los diámetros de punto de soldadura que conducen por ejemplo a una unión de soldadura  
 cuya carga máxima se encuentra en el intervalo objetivo.

A continuación puede consultarse de nuevo por ejemplo esta selección de combinaciones de espesores de chapa y  
 30 calidades de material para que se seleccionen en relación a un peso mínimo o también en relación a límites  
 predeterminados para la resistencia a la tracción y límite de elasticidad. Con ello se pone a disposición un  
 procedimiento con el que pueden facilitarse combinaciones específicas de manera automatizada de espesores de  
 chapa y calidades de material para la obtención de cargas máximas en las uniones de punto de soldadura.

Finalmente muestra la figura 6 en principio la estructura de ensayos de tracción de cizallamiento o de tracción en  
 35 cruz. Se unen dos chapas 1,2 de igual calidad de material e igual espesor a través de un punto de soldadura 3 con  
 el diámetro de punto de soldadura  $dp$ . A continuación se fijan las muestras en soportes para muestras no  
 representados y con la fuerza de tracción máxima o bien en el plano de la chapa (ensayo de tracción de  
 cizallamiento) o de manera perpendicular al plano de la chapa (ensayo de tracción en cruz) se arranca una de otra.  
 Por regla general se realizan por diámetro de punto de soldadura varios ensayos de tracción para afianzar  
 40 estadísticamente el resultado de la fuerza de tracción máxima.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para la determinación de valores de carga máxima para uniones de chapa de chapas de una calidad de material dependiendo de varios parámetros de soldadura, **caracterizado porque**

5 la calidad de material depende del espesor de chapa  $t$  y del diámetro de punto de soldadura  $dp$ , que se aplica en un intervalo de espesor de chapa  $(t_i, t_{i+1})$  para una calidad de material, en el que a partir de datos de tracción en cruz o de tracción de cizallamiento de uniones de chapa con distintos diámetros de punto de soldadura usando una regresión lineal de los datos de medición de tracción en cruz o de tracción de cizallamiento de al menos dos espesores de chapa distintos  $t_i$  y  $t_{i+1}$ , que corresponden al límite superior y al límite inferior del intervalo de espesor de chapa  $(t_i, t_{i+1})$ , se determina una función común para la carga máxima  $G(dp, t)$ , que se aplica para un intervalo de espesor de chapa  $(t_i, t_{i+1})$  y una calidad de material y tiene la forma:

$$G(dp, t) = a \cdot dp + b \cdot t + c,$$

siendo a, b y c variables independientes de  $dp$  o  $t$ , y en el que se realizan las siguientes etapas:

15 - realizar una multiplicidad de ensayos de tracción de cizallamiento o de tracción en cruz para la medición de la fuerza de tracción máxima  $F_{m\acute{a}x}$  de chapas ensambladas con distintos espesores de chapa en el intervalo de espesor de chapa  $(t_i, t_{i+1})$  y distintos diámetros de punto de soldadura  $dp$  dentro de un intervalo de diámetro de punto de soldadura permisible ( $dp_{m\acute{a}n}$ ,  $dp_{m\acute{a}x}$ ) con la misma calidad de material,  
 20 - determinar una función de regresión lineal de la fuerza de tracción máxima  $F_{m\acute{a}x, t_i}(dp)$  para al menos dos espesores de chapa  $t_i$  y  $t_{i+1}$  de una calidad de material,  
 - establecer un intervalo de desviación con límite superior e inferior para las al menos dos funciones de regresión, aplicándose para el límite superior:

$$F_{m\acute{a}x, OG, t_i}(dp) = F_{m\acute{a}x, t_i}(dp) + dQ$$

25 y aplicándose para el límite inferior:

$$F_{m\acute{a}x, UG, t_i}(dp) = F_{m\acute{a}x, t_i}(dp) - dQ,$$

- determinar una primera función de tendencia lineal  $T_{t_i}(dp)$  con la pendiente  $m_{t_i}$  para un primer espesor de chapa, que discurre por los puntos ( $dp_{m\acute{a}n} / F_{m\acute{a}x, UG, t_i}(dp_{m\acute{a}n})$ ) y ( $dp_{m\acute{a}x} / F_{m\acute{a}x, OG, t_i}(dp_{m\acute{a}x})$ ),  
 30 - determinar una segunda función de tendencia lineal  $T_{t_{i+1}}(dp)$  con la pendiente  $m_{t_{i+1}}$  para un segundo espesor de chapa, que discurre por los puntos ( $dp_{m\acute{a}n} / F_{m\acute{a}x, OG, t_{i+1}}(dp_{m\acute{a}n})$ ) y ( $dp_{m\acute{a}x} / F_{m\acute{a}x, UG, t_{i+1}}(dp_{m\acute{a}x})$ ),  
 - en el que el primer espesor de chapa  $t_i$  es más bajo que el segundo espesor de chapa  $t_{i+1}$  y la pendiente  $m_{t_i}$  es mayor que la pendiente  $m_{t_{i+1}}$ ,

35 - determinar otra función de tendencia  $G_{t_i}(dp, t) = m \cdot dp + b_{t_i}$  al menos para dos espesores de chapa ( $t_i$ ) y ( $t_{i+1}$ ), con

a)

$$G_{t_i}((dp_{m\acute{a}x} + dp_{m\acute{a}n})/2, t_i) = F_{m\acute{a}x, t_i}((dp_{m\acute{a}x} + dp_{m\acute{a}n})/2)$$

y  
b)

40 
$$G_{t_{i+1}}(dp, t) = G_{t_i}(dp, t) + b(t),$$

en la que

$$m = (m_i + m_{i+1})/2,$$

$$b(t) = b \cdot (t - t_i)$$

y



$$b = \frac{F_{\text{máx}, t_{i+1}} ((dp_{\text{máx}} + dp_{\text{mín}}) / 2) - F_{\text{máx}, t_i} ((dp_{\text{máx}} + dp_{\text{mín}}) / 2)}{t_{i+1} - t_i},$$

de modo que  $G_{ti+1}(dp, t) = m \cdot dp + b_{ti} + b \cdot (t - t_i)$  indica la fuerza de tracción máxima de una unión de chapa dependiendo del espesor de chapa dentro del intervalo de espesor de chapa  $(t_i, t_{i+1})$  y dependiendo del diámetro de punto de soldadura  $dp$ .

- 5 2. Procedimiento según la reivindicación 1,  
**caracterizado porque**

como límite inferior del diámetro de punto de soldadura  $dp_{\text{mín}}$  se usa el valor  $4 \cdot \sqrt{t}$  y como límite superior del diámetro de punto de soldadura  $dp_{\text{máx}}$  se usa el valor  $6 \cdot \sqrt{t}$ .

- 10 3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2,  
**caracterizado porque**

la función de tendencia  $G_{ti+1}(dp, t)$  se determina para distintas calidades de material y/o para distintos intervalos de espesor de chapa  $(t_i, t_{i+1})$ .

4. Procedimiento según la reivindicación 1 a 3,  
**caracterizado porque**

- 15 el intervalo de espesor de chapa  $(t_i, t_{i+1})$  indica valores de espesor de chapa entre 0,5 mm y 2,5 mm, preferentemente de 1,0 mm a 2,0 mm.

5. Procedimiento según la reivindicación 1 a 4,  
**caracterizado porque**

- 20 los distintos espesores de chapa en el intervalo de espesor de chapa  $(t_i, t_{i+1})$  se facilitan mediante rectificación hacia abajo de una única chapa.

6. Procedimiento para la selección de una combinación de espesores de chapa y calidades de material para la facilitación de uniones de chapa con una carga máxima predeterminada, en el que se determinan en primer lugar las funciones de tendencia  $G_{ti}(dp, t)$  para intervalos de espesor de chapa  $(t_i, t_{i+1})$  y para distintas calidades de material de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, y a continuación se determinan las combinaciones de espesores de chapa y calidades de material mediante evaluación de las funciones de tendencia  $G_{ti}(dp, t)$ , que cumplen las especificaciones con respecto a la carga máxima.

- 25

7. Procedimiento según la reivindicación 6,  
**caracterizado porque**

- 30 se selecciona una combinación de espesores de chapa y calidad de material, que realiza las especificaciones de la carga máxima con peso mínimo.

8. Procedimiento según la reivindicación 7,  
**caracterizado porque**

se consideran especificaciones de la resistencia a la tracción  $R_m$  y límite de elasticidad  $R_e$  de la calidad de material.

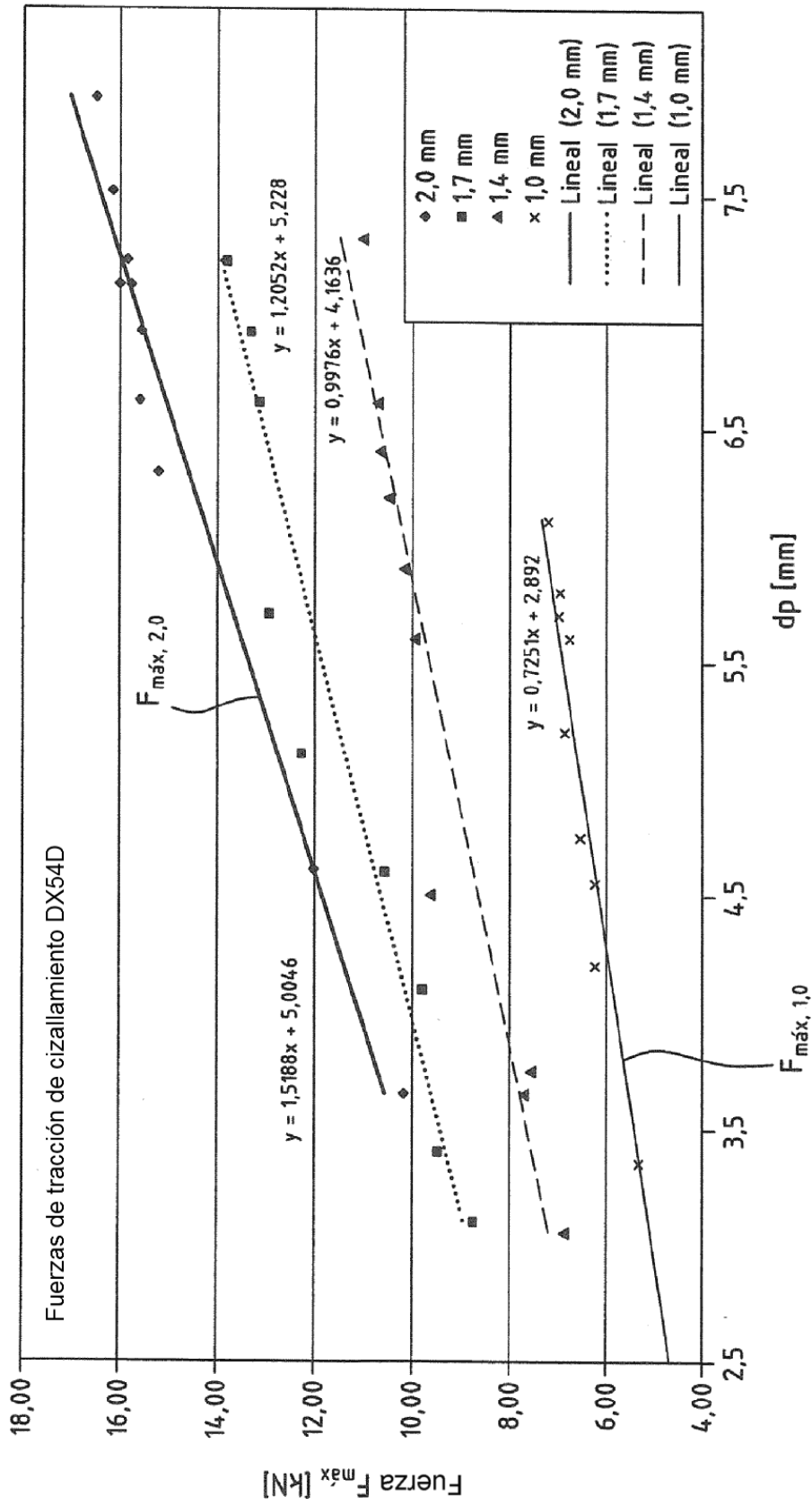


Fig.1

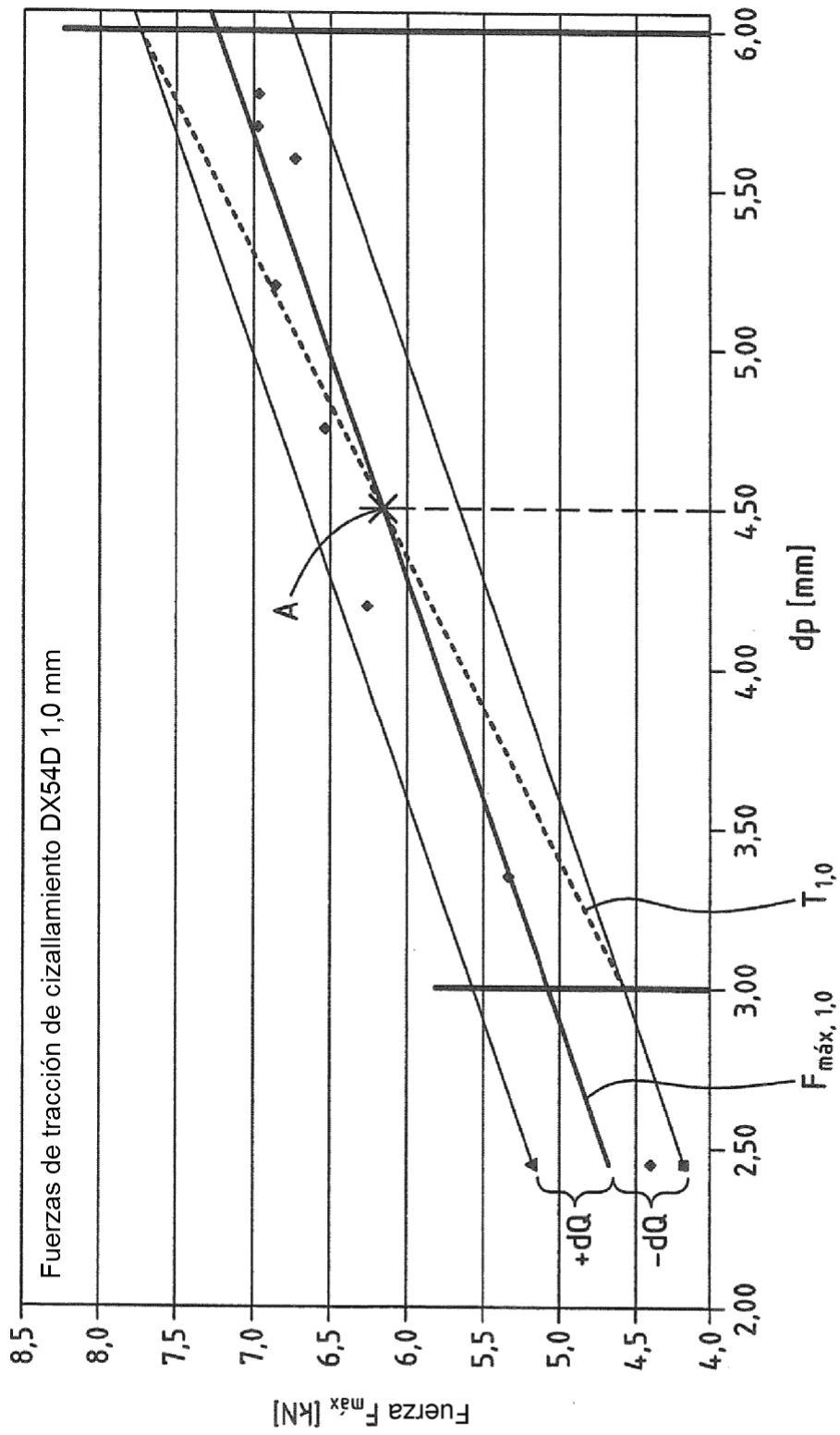


Fig.2

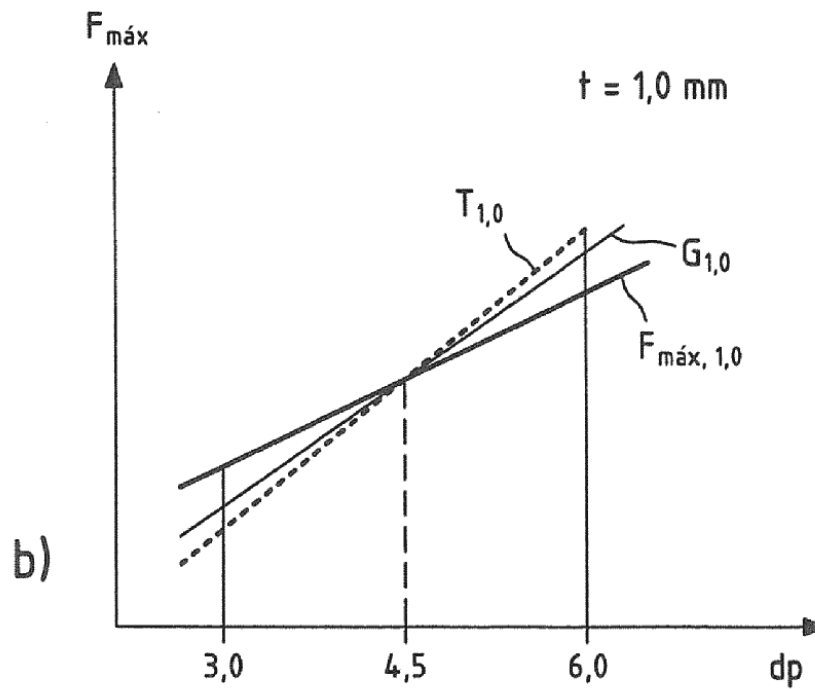
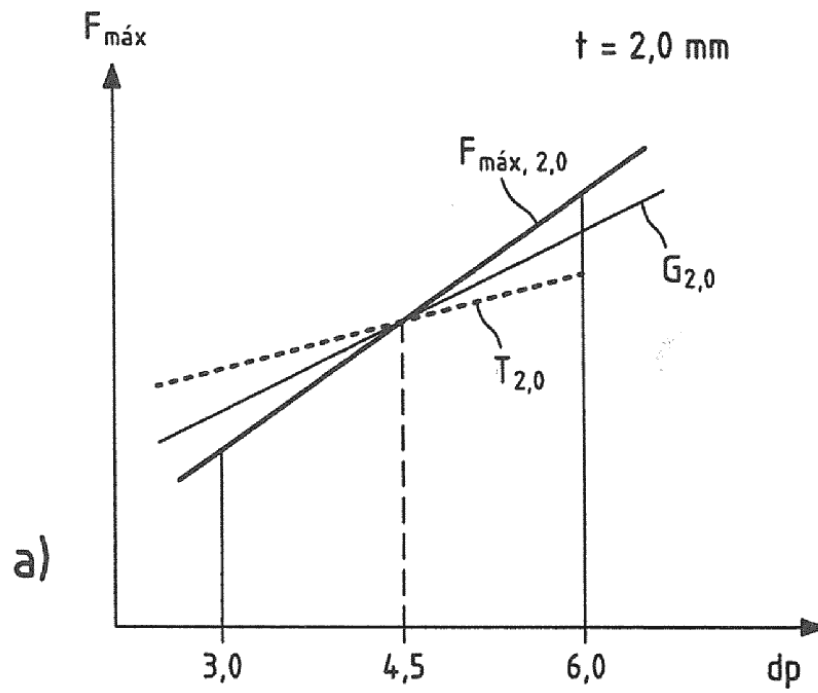


Fig.3

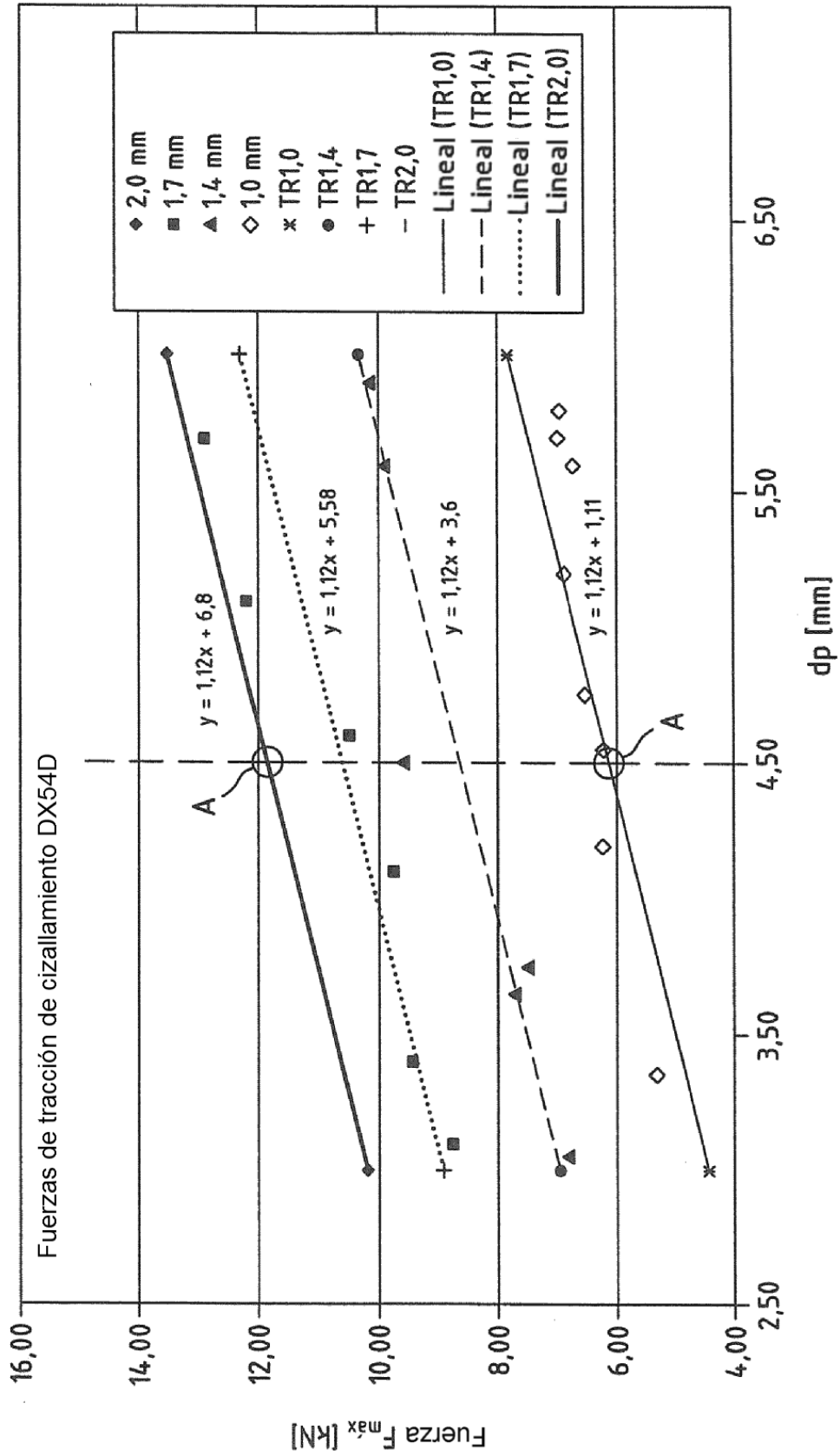


Fig.4

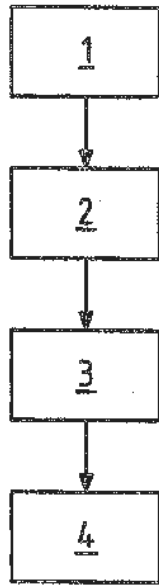
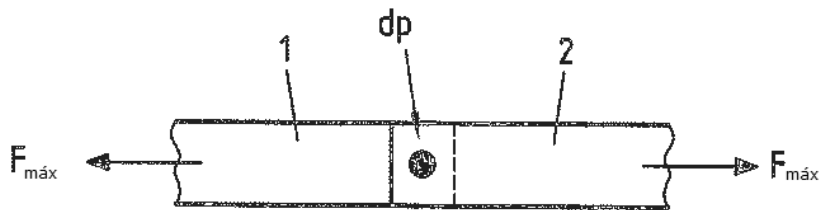
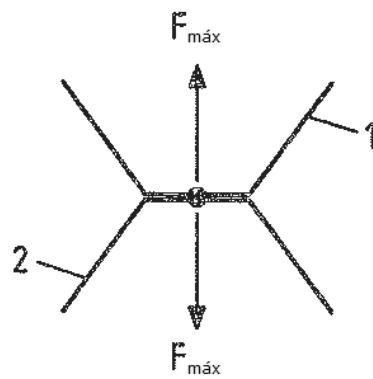


Fig.5



a)



b)

Fig.6