

Determinación de parámetros adecuados de trabajo en unión de laminas de metal de alta formabilidad, por el método clinching (unión por remachado).

F. Hernández González, A. Rey Roque, J. J. Cabello Eras, J. Cogollos Martínez.

Departamento de Mecánica. Facultad de Ingeniería Mecánica.
Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez".
Carretera a Rodas, Km. 4. Cuatro Caminos. Cienfuegos 59430. Cuba.
E-mail: fkhdez@fmec.ucf.edu.cu

(Recibido el 10 de Marzo del 2003, aceptado el 17 de Mayo del 2003.)

Resumen.

A partir de las ecuaciones obtenidas en un anterior trabajo [3], que permiten determinar los parámetros adecuados de trabajo (espesor del fondo de la unión, diámetro del punzón y profundidad de la matriz) para realizar la unión con buena calidad de un acero rodillado en frío, se lleva a cabo un análisis para obtener en qué puntos del dominio se alcanzan los valores máximos y mínimos de cada ecuación (desplazamiento, fuerza y resistencia), para estar en condiciones de hacer las valoraciones necesarias que permitan obtener los parámetros adecuados de trabajo que se buscan para la unión.

Palabras claves: Unión, optimización, diámetro del punzón, profundidad de matriz, clinching.

1. Introducción.

La existencia de espesores de disímiles materiales a unir (con diferentes características y composición) y de juegos de herramientas con dimensiones normalizadas [4,5], trae consigo que para efectuar la unión requerida con buena calidad usando la tecnología *clinch*ing, sea necesario realizar un estudio experimental que permita determinar los parámetros de trabajo adecuados.

Debido a lo antes expuesto, en anterior trabajo se obtienen tres ecuaciones [3] que fijan la dependencia de los parámetros más importantes alcanzados en una unión donde se aplique esta tecnología (resistencia máxima de la unión, desplazamiento antes de la rotura y fuerza máxima a aplicar en la máquina) y las variables de aspecto tecnológico que caracterizan la misma (espesor del fondo de la unión (x), diámetro del punzón (d) y profundidad de la huella de la matriz (l). Estas ecuaciones permiten, al realizar el análisis correspondiente, fijar los parámetros de trabajo necesarios para lograr una unión de calidad según el material seleccionado.

En el presente trabajo se describe el procedimiento empleado para determinar los valores con los cuales, las ecuaciones del desplazamiento, fuerza y resistencia alcanzan los valores máximos y mínimos. En [3] se

explicó que para el experimento se utilizaron juegos de herramientas seleccionados de la siguiente manera: Para el punzón existen siete diámetros diferentes del cuello y para la matriz la posibilidad de cuatro profundidades de la huella, por lo tanto existen valores extremos en las herramientas utilizadas. Por ejemplo, el valor mínimo del diámetro del punzón es de 4.8 mm y el máximo 6.0 mm. De igual manera sucede con la matriz por lo que se está entonces en presencia de funciones con varias variables de un subconjunto cerrado y acotado en el que se buscan valores máximos y mínimos. Con las dimensiones extremas de las herramientas se puede construir una figura donde se ubiquen todos los puntos y superficies del subconjunto acotado. Esta figura posee caras, aristas y vértices, que son las superficies y puntos donde se analiza si existen máximos y/o mínimos en el subconjunto, para cada una de las ecuaciones antes descritas. Los pasos a seguir para este cálculo se muestran más adelante. Por lo tanto se presentan las combinaciones de variables que el modelo ofrece como óptimas para alcanzar los valores máximos en cada ecuación, es decir, los valores de las dimensiones de las herramientas y de la dimensión " x ", que son adecuadas para la unión.

Otro análisis efectuado es el del resultado que se alcanza al sustituir en la ecuación de desplazamiento los puntos con los que se obtuvo el máximo y mínimo en la

ecuación de resistencia. En otro orden, se plantean vías de razonamiento para conseguir ampliar el rango de utilización de las ecuaciones alcanzadas bajo las condiciones del experimento y mostrar el camino inicial para el planteamiento de metodologías de cálculo de parámetros específicos de trabajo.

2. Análisis del óptimo de las funciones.

El análisis del experimento realizado incluye conocer no sólo cuales son las relaciones entre las variables dependientes y las independientes según [3], sino además las magnitudes donde las funciones alcanzan los valores máximos y mínimos. Además interesa conocer en que puntos del dominio estos se logran, para estar en condiciones de poder realizar las valoraciones que permitan obtener los parámetros adecuados de trabajo (d , l y x) para una unión de calidad. A continuación se muestran los cálculos realizados según [2] y el procedimiento empleado con este fin.

Se explicará a modo de ejemplo, el procedimiento empleado para determinar los valores con los cuales la ecuación del desplazamiento alcanza los valores máximos y mínimos.

2.1.1.-Ecuación del desplazamiento.

$$\text{Desplazamiento} = -17.9 + 5.95 d + 15.81 l - 5.76 x + 17.5 d l + 2.4 d x - 1.98 l x - 3.66 d^2 - 31.9 l^2 - 1.82 x^2 \quad [\text{mm}] \quad (1)$$

Donde, x : es el espesor del fondo de la unión, d : diámetro del punzón y l : la profundidad de la matriz. Para determinar los extremos globales de la función, se siguen los siguientes pasos:

I.-Definición de las variables en milímetros:

$x : \in \text{Real } [0.55, 1.5]$

$l : \in \text{Real } [1.4, 2]$

$d : \in \text{Real } [4.8, 6]$

II.-Determinación de los extremos locales de la función:

a)- Obtener las derivadas de primer orden, con respecto a cada variable independiente.

b)- Resolver el sistema de ecuaciones obtenido. En este caso.

c).-Hallar las derivadas parciales y resolver el sistema, se obtiene el punto crítico. Para este caso:

$[x = 0.60; d = 4.52; l = 1.47]$. Como el valor "d" está fuera de rango, no se tiene en cuenta, pues no tiene extremo local en la región de análisis.

$$\begin{pmatrix} \left[\begin{array}{l} -\frac{91 \cdot x}{25} + \frac{12 \cdot d}{5} - \frac{99 \cdot l}{50} - \frac{144}{25} = 0, \\ \frac{12 \cdot x}{5} - \frac{183 \cdot d}{25} + \frac{35 \cdot l}{2} + \frac{119}{20} = 0, \\ -\frac{99 \cdot x}{50} + \frac{35 \cdot d}{2} - \frac{319 \cdot l}{5} + \frac{1581}{100} = 0 \end{array} \right], [x, d, l] \end{pmatrix}$$

III. Determinación de los extremos locales en las caras.

Se está en presencia de funciones de varias variables, en un subconjunto cerrado y acotado donde existen valores extremos de las variables x , l y d . (Ver figura 1), en la que se buscan valores máximos y mínimos y en que puntos dentro de este subconjunto los mismos se encuentran. Es necesario construir una figura, donde se ubiquen todos los puntos y superficies del subconjunto acotado.

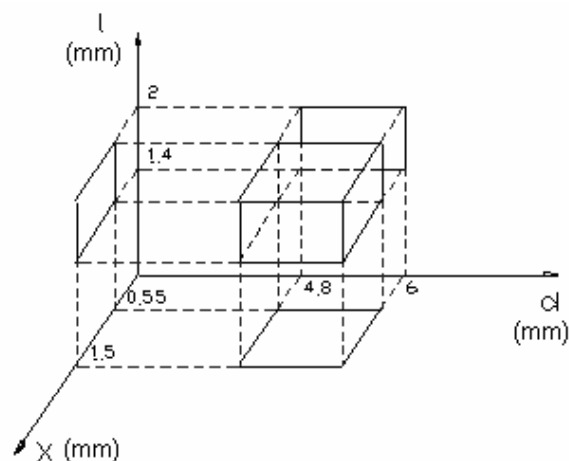


Figura 1.-Cubo formado por los valores extremos de las variables de la función.

En este caso como las variables toman los valores máximos y mínimos siguientes: $x = 0.55$ mm y 1.5 mm; $l = 1.4$ mm y 2 mm; $d = 4.8$ mm y 6 mm, se puede construir un cubo (Ver figura 1), donde se encuentra limitado el espacio de las funciones a analizar. Esta figura posee caras, aristas y vértices, que son las superficies y puntos donde se analiza si existen máximos y/o mínimos en el subconjunto acotado.

Se definirán las caras como sigue:

- Cara #1 (Paralela al plano xl). Se genera con el mínimo valor de $d = 4.8$ mm.
- Cara #2 (Paralela al plano xl). Se genera con el máximo valor de $d = 6$ mm.

- Cara #3 (Paralela al plano dl). Se genera con el mínimo valor de $x = 0.55$ mm.
- Cara #4 (Paralela al plano dl). Se genera con el máximo valor de $x = 1.55$ mm.
- Cara #5 (Paralela al plano xd). Se genera con el mínimo valor de $l = 1.4$ mm.
- Cara #6 (Paralela al plano xd). Se genera con el máximo valor de $l = 2$ mm.

Para la determinación de los extremos en las caras el procedimiento es el que sigue. En el caso de la cara # 1:

a).-Sustituir el valor que la genera en la formula (1) y resolver la ecuación.

$$\text{Desp.} = \frac{91 \cdot x^2}{50} + \frac{9 \cdot x \cdot (32 - 11 \cdot l)}{50} - \frac{319 \cdot l^2}{100} + \frac{9981 \cdot l}{100} - \frac{92083}{1250} \quad [\text{mm}] \quad (4)$$

b).-Derivar con respecto a las variables de la ecuación (x y l , en este caso) y resolver la ecuación para obtener los valores de las dichas variables.

c).-Hallar las determinantes:

$$\Delta l = \frac{d^2 u}{dx^2} = -3.64$$

$$\Delta 2 = \begin{bmatrix} \frac{d^2 u}{dx^2} & \frac{d^2 u}{dldx} \\ \frac{d^2 u}{dxdl} & \frac{d^2 u}{dl^2} \end{bmatrix} = 228.311 > 0$$

d).-Análisis de la condición $\Delta l < 0$ y $\Delta 2 > 0$, para obtener el máximo local.

Entonces en esta cara la función tiene un máximo local en $x = 0.744$ mm y $l = 1.541$ mm (valores obtenidos en el paso b), que es igual a 5.396 mm, obtenido después de sustituir los valores de x y l en (4).

Como el procedimiento empleado para determinar los extremos locales para las restantes cinco caras es el mismo, en la tabla 1, se resumen: los valores de las variables libres; el determinante # 1 (Δl); el determinante # 2 ($\Delta 2$) y el valor del extremo.

IV.-Determinación de los extremos locales en las aristas.

Se definirán las aristas como se muestra en la tabla 2.

El procedimiento empleado para el caso de la arista # 1, es el siguiente:

a).- Sustituir estos valores en (1) y resolver la ecuación:

$$\text{Desp.} = \frac{319 \cdot l^2}{10} + \frac{2421 \cdot l}{25} - \frac{345607}{5000} \quad [\text{mm}] \quad (5)$$

b).-Derivar con respecto a la variable libre y resolver la ecuación anterior.

c).-Hallar la determinante Δl , o sea resolver la derivada de segundo orden con respecto a la variable libre:

$$\Delta l = \frac{d^2 u}{dl^2} = -63.8 < 0$$

Tabla 1.- Resumen de los resultados para cada cara.

17. Resumen de los resultados para cada cara.					
Cara, número	Variable		Δl	$\Delta 2$	Extremo local (mm)
2	x	l	$\Delta l = \frac{d^2 u}{dx^2} = -3.64$	228.3116	3.763 (máx)
	1.36	1.85			
3	d	l	Valores fuera de rango		
	4.48	1.46			
4	d	l	$\Delta l = \frac{d^2 u}{dd^2} = -7.32$	160.766	4.5630 (máx)
	5.18	1.62			
5	x	d	Valores fuera de rango		
	0.50	4.32			
6	d	l	$\Delta l = \frac{d^2 u}{dx^2} = -18.2$	127.464	3.069 (máx)
	1.29	6.02			

Tabla 2.-Definición de las aristas.

Arista	Se genera con:	Valores extremos en mm	
#1	el máximo valor de x y el mínimo de d	x = 1.5	d = 4.8
#2	el mínimo valor de x y el mínimo de d	x = 0.55	d = 4.8
#3	el mínimo valor de l y el mínimo de d	d = 4.8	l = 1.4
#4	el máximo valor de l y el mínimo de d	d = 4.8	l = 2.0
#5	el mínimo valor de x y el máximo de d	x = 0.55	d = 6.0
#6	el máximo valor de x y el máximo de d	x = 1.5	d = 6.0
#7	el máximo valor de d y el mínimo de l	d = 6.0	l = 1.4
#8	el máximo valor de d y el máximo de l	d = 6.0	l = 2.0
#9	el mínimo valor de x y el mínimo de l	x = 0.55	l = 1.4
#10	el mínimo valor de x y el máximo de l	x = 0.55	l = 2.0
#11	el máximo valor de x y el mínimo de l	x = 1.5	l = 1.4
#12	el máximo valor de x y el máximo de l	x = 1.5	l = 2.0

d).-Análisis de la condición $\Delta l < 0$, para obtener el máximo local.

Por lo tanto, como $\Delta l < 0$, en esta arista la función tiene un máximo local en $l = 1.518$ mm (valor que se obtiene del paso b), que es igual a 4.37 mm. Obtenido al sustituir en (5) en valor de l.

El procedimiento empleado para determinar los extremos locales para las restantes once aristas es el mismo. E en la tabla 3, se muestra un resumen.

Tabla 3.-Resumen de los resultados para cada arista.

Arista	Variable en mm	Δl	Extremo (mm)
2	$l = 1.54$	-63.8	5.3290 (máx)
3	$x = 0.82$	-3.64	4.7699 (máx)
4	$x = 0.49$	Fuera de rango, desechado.	
5	$l = 1.87$	-63.8	2.5699 (máx)
6	$l = 1.84$	-63.8	3.7315 (máx)
7	$x = 1.61$	Fuera de rango, desechado.	
8	$x = 1.28$	-3.64	3.0685 (máx)
9	$d = 4.34$	Fuera de rango, desechado.	
10	$d = 5.77$	-7.32	2.2694 (máx)
11	$d = 4.65$	Fuera de rango, desechado.	
12	$d = 6.08$	-7.32	3.0121 (máx)

V.-Determinación de los valores de las funciones en los vértices.

Se definirán los vértices como se muestra en la siguiente tabla 4.

a).-El valor de la función en los vértices se obtiene sustituyendo los valores de las variables de estos puntos en la ecuación (1), y se resumen en la siguiente tabla 5.

Nota: Los valores negativos obtenidos se desechan, por encontrarse fuera del rango.

Tabla 5.-Resumen de los resultados para cada vértice.

Vértice	Valor [kN]
1	4.6364
2	-1.2069
3	3.9306
4	-3.0414
5	-4.6731
6	-2.6430
7	2.0834
8	2.9850

:

Tabla 4.-Definición de los vértices.

Vértice	Se genera con:	Valores extremos en mm		
#1	el mínimo valor de x, d y l	x = 0.55	d = 4.8	l = 1.4
#2	el mínimo valor de x, d y el máximo de l	x = 0.55	d = 4.8	l = 2.0
#3	el máximo valor de x y los mínimos de d y l	x = 1.5	d = 4.8	l = 1.4
#4	los valores máximos de x y l, y el mínimo de d	x = 1.5	d = 4.8	l = 2.0
#5	los valores mínimos de x y l, y el máximo de d	x = 0.55	d = 6.0	l = 1.4
#6	los valores máximos de x y d, y el mínimo de l	x = 1.5	d = 6.0	l = 1.4
#7	los valores máximos de d y l, y el mínimo de x	x = 0.55	d = 6.0	l = 2.0
#8	los valores máximos de d, l y x	x = 1.5	d = 6.0	l = 2.0

Tabla 6.-Resumen de los resultados.

Núm .	Variables en mm			Ext. Locales [kN]
	x	d	l	
1	0.74	4.80	1.54	5.3964
2	1.36	6.00	1.85	3.7633
3	1.50	5.18	1.62	4.5630
4	1.29	6.02	2.00	3.0697
5	1.50	4.80	1.51	4.3737
6	0.55	4.80	1.54	5.3290
7	0.82	4.80	1.40	4.7699
8	0.55	6.00	1.87	2.5699
9	1.50	6.00	1.84	3.7315
10	1.28	6.00	2.00	3.0685
11	0.55	5.77	2.00	2.2694
12	1.50	6.08	2.00	3.0121
13	0.55	4.80	1.40	4.6364
14	1.50	4.80	1.40	3.9306
15	0.55	6.00	2.00	2.0834
16	1.50	6.00	2.00	2.9850

VI.-Comparación para seleccionar el extremo global.

Todos los valores aceptados se resumen en la tabla 6, con vistas a su comparación.

Analizando los valores que se muestran en la tabla anterior, se puede concluir que el máximo global de la función o ecuación de desplazamiento se alcanza con la combinación (1): $x = 0.74$ mm, $d = 4.80$ mm y $l = 1.54$ mm; el mismo es igual a 5.394 mm. Este se corresponde con los resultados de la cara # 1. Esta función tiene un mínimo global en el entorno que se evalúa en la combinación (15): $x = 0.55$, $d = 6.00$ y $l = 2.00$; con un valor de 2.0834. Este se corresponde con el vértice definido como número 7.

Además de las combinaciones que brindan los valores máximos y mínimos en la ecuación del desplazamiento, se puede conocer que resultados se alcanzarán al ser sustituidos estos en las ecuaciones de fuerza y resistencia, así como la tendencia que provocarán en dichas ecuaciones los mismos.

2.1.2.-Resultados para las ecuaciones de fuerza resistencia.

Como el procedimiento que se sigue es el mismo que el utilizado para el caso de la ecuación de desplazamiento, sólo se brindan los resultados obtenidos.

Todos los valores aceptados se resumen en la tabla 7, con vistas a su comparación.

Tabla 7.-Resumen de los resultados.

Número	Variables			Ext. (mm) Locales
1	$x = 0.55$	$d = 4.80$	$l = 1.59$	51.2602
2	$x = 0.67$	$d = 4.80$	$l = 1.40$	47.3069
3	$x = 1.50$	$d = 6.00$	$l = 1.71$	70.3562
4	$x = 0.91$	$d = 6.00$	$l = 2.00$	84.8358
5	$x = 0.55$	$d = 5.87$	$l = 2.00$	76.0625
6	$x = 1.50$	$d = 6.02$	$l = 1.40$	57.1764
7	$x = 0.55$	$d = 4.80$	$l = 1.40$	46.2025
8	$x = 0.55$	$d = 4.80$	$l = 2.00$	30.2695
9	$x = 1.50$	$d = 6.00$	$l = 1.40$	57.1600
10	$x = 0.55$	$d = 6.00$	$l = 2.00$	75.4915
11	$x = 1.50$	$d = 6.00$	$l = 2.00$	60.1300

Estudiando los valores que se muestran en la tabla anterior, se puede determinar que el máximo global de la ecuación de fuerza, se alcanza con la combinación (4): $x = 0.91$, $d = 6.00$ y $l = 2.00$; el mismo es igual a 84.83 (vértice 8).

Esta función tiene un mínimo global en el entorno que se evalúa en la combinación (8): $x = 0.55$, $d = 4.80$ y

$l = 2.00$; con un valor de 30.2695. Este se corresponde con el vértice 2.

Todos los valores aceptados se resumirán en la tabla 8, con vista a su comparación.

Examinando los valores que se muestran en la tabla anterior, se puede deducir que el máximo global de la función o ecuación de resistencia, se alcanza con la combinación (13): $x = 1.50$, $d = 6.00$ y $l = 1.40$; el mismo es igual a 4.0289. Este se corresponde con el vértice # 6.

Esta función tiene un mínimo global en el entorno que se evalúa en la combinación (11): $x = 1.50$, $d = 4.80$ y $l = 2.00$; con un valor de 1.7549. Este se corresponde con el vértice definido como número 4.

Ecuación de la fuerza:

$$F = 27.4 + 92.1 d - 240.06 l - 201.8 x + 154.9 d l + 109.5 d x - 162.5 l x - 39.3 d^2 - 129.6 l^2 - 71.4 x^2 \quad [\text{kN}] \quad (2)$$

Ecuación de resistencia.

$$\text{Resist} = -2.55 + 1.52 d + 4.09 l - 3.44 x + 0.25 d l + 1.49 d x - 1.56 l x - 0.29 d^2 - 1.41 l^2 - 0.95 x^2 \quad [\text{kN}] \quad (3)$$

Tabla 8.-Resumen de los resultados.

Número	Variables			Ext. Locales
1	x = 0.75	d = 4.80	l = 1.45	3.3237
2	x = 0.71	d = 5.30	l = 2.00	3.0202
3	x = 0.55	d = 4.80	l = 1.57	3.3013
4	x = 0.80	d = 4.80	l = 1.40	3.3212
5	x = 0.55	d = 6.00	l = 1.67	2.8378
6	x = 1.25	d = 6.00	l = 2.00	3.1606
7	x = 0.55	d = 4.89	l = 2.00	3.0452
8	x = 0.55	d = 4.80	l = 1.40	3.2598
9	x = 0.55	d = 4.80	l = 2.00	3.0426
10	x = 1.50	d = 4.80	l = 1.40	2.8613
11	x = 1.50	d = 4.80	l = 2.00	1.7549
12	x = 0.55	d = 6.00	l = 1.40	2.7288
13	x = 1.50	d = 6.00	l = 1.40	4.0289
14	x = 0.55	d = 6.00	l = 2.00	2.6916
15	x = 1.50	d = 6.00	l = 2.00	3.1025

3. Análisis de los resultados.

3.1.-Combinaciones que ofrecen los valores máximos en cada ecuación.

En la tabla 9, se presentan las combinaciones de variables, que permiten alcanzar los valores máximos en cada ecuación. A continuación se muestran las variables corregidas para los valores de las herramientas que se poseen y el valor del máximo nuevo alcanzado.

Tabla 9. Combinaciones de variables y valores máximos.

Desplazamiento			
Variables (mm)			Valor máximo
x = 0.74	d = 4.80	L = 1.54	5.4 mm
Desplazamiento corregido			
Variables (mm)			Valor máximo
x = 0.74	d = 4.80	l = 1.60	5.3 mm
Fuerza			
Variables (mm)			Valor máximo
x = 0.91	d = 6.00	l = 2.00	84.8 kN
Fuerza corregida*			
Variables (mm)			Valor máximo
x = 0.91	d = 6.00	l = 2.00	84.8 kN
Resistencia			
Variables (mm)			Valor máximo
x = 1.50	d = 6.00	l = 1.40	4.0 kN
Resistencia corregida*			
Variables (mm)			Valor máximo
x = 1.50	d = 6.00	l = 1.40	4.0 kN

Nota: Los valores con asteriscos se mantienen, por corresponder con dimensiones de las herramientas disponibles.

Los valores corregidos que aparecen en la Tabla 9, corresponden a las combinaciones de herramientas y espesor del fondo de la unión (dimensión x), con los cuales se obtienen los máximos valores de desplazamiento, fuerza y resistencia en la unión. Esto quiere decir, que en el caso que se necesite alcanzar (por ejemplo) un valor máximo de resistencia de la unión, se debe escoger, un punzón A 60100 (d = 6.0 mm) y una matriz BC 8014 (l = 1.4 mm), fijando además la carrera del vástago de trabajo de la unidad de fuerza hasta obtener un valor del espesor del fondo de la unión de 1.50 mm (x = 1.50).

Si se observa la Tabla 1 [3], se puede apreciar que el máximo valor de la resistencia para los experimentos realizados es de 3.62 kN, para una combinación de A 58100 y BC 8016, que corresponden con el diámetro del punzón más próximo a 6.0 mm y la profundidad de la matriz superior a 1.4 mm; ahora bien, el máximo que se obtiene con este modelo es de 4.0 kN, con la combinación expuesta en el párrafo anterior. Esto quiere decir, que el modelo propone una combinación efectiva, con el máximo valor del diámetro del punzón y el mínimo valor de la profundidad de la matriz, siendo estos los valores superiores e inferiores a la combinación utilizada en el experimento.

3.2.-Valores de desplazamientos obtenidos para la resistencia máxima y mínima.

Se analiza aquí el resultado que se logra al sustituir en la ecuación de desplazamiento, los puntos con los que se obtuvo el máximo y mínimo en la ecuación de resistencia. Este razonamiento permitirá conocer, que valor se obtiene de desplazamiento, para el punto donde la resistencia alcanza tanto la magnitud máxima como mínima.

Valores obtenidos para la resistencia:

Valores máximos:

De la tabla 8, se conoce que el valor de la resistencia máxima, se obtiene con la combinación #13 y los valores de las variables x = 1.50 mm; d = 6.00 mm y l = 1.40 mm, la resistencia es igual a 4.0 kN. Sustituyendo estos valores en la ecuación 1, obtenemos: 2.6 mm.

Para los dos restantes valores máximos escogidos se obtienen valores matemáticos despreciables desde el punto de vista tecnológico.

Valores mínimos:

De la misma tabla se obtiene con la combinación #11 y los valores de las variables x = 1.50 mm; d = 4.80 mm y l = 2.00 mm, la resistencia mínima es igual a 1.8 kN. Sustituyendo estos valores en (1 – ecuación del desplazamiento-), se obtiene 3.0 mm. Para el valor mínimo más cercano se obtiene x = 0.55 mm; d = 6.00 mm y l = 2.00 mm, la resistencia alcanzada es de 2.7 kN. Para este caso el desplazamiento alcanza un valor

de 2.1 mm. Se aprecia que el valor del desplazamiento obtenido con el valor mínimo de la resistencia es un resultado matemático, pero despreciable desde el punto de vista tecnológico. Se considera como el desplazamiento lógico, el valor de 2.1 mm, que se logra con la segunda combinación y se acepta como resistencia mínima el de 2.7 kN

Bajo este criterio se conoce cuál es el resultado de la fuerza máxima a emplear en el equipo donde se realice esta unión, sustituyendo en la ecuación (2) los valores de las variables para las cuales se alcanza la resistencia máxima. Entonces se llega a un resultado de 57.2 kN.

Finalmente el valor de resistencia bajo las condiciones propuestas es de 4.0 kN, para el que se alcanza un desplazamiento hasta la rotura de 2.6 mm, de igual manera el mínimo es de 2.7 kN, con desplazamiento de 2.1 mm. Para el primer resultado es necesario utilizar una fuerza de 57.2 kN (como máxima), para que se produzca la unión bajo las condiciones de máxima resistencia.

3.3.-Propuestas de metodologías para la obtención de parámetros adecuados de trabajo.

Se pretende aquí, plantear vías de razonamiento para lograr ampliar el rango de utilización de las ecuaciones alcanzadas bajo las condiciones del experimento y así mostrar, el camino inicial para el planteamiento de metodologías de cálculo de parámetros específicos de trabajo, bajo el análisis siguiente:

Si se poseen las ecuaciones de desplazamiento, fuerza y resistencia, se pueden efectuar combinaciones de ellas y obtener propuestas de parámetros adecuados de trabajo, bajo condiciones preestablecidas en las uniones a ejecutar. Así por ejemplo, si se conoce el valor de resistencia que se necesita en las uniones de una estructura, y se posee además, un determinado juego de herramientas para realizar la unión; sólo es necesario determinar qué dimensión "x", es la adecuada para alcanzar ese valor de resistencia y que desplazamiento se obtendrá en la unión. Escogiendo las ecuaciones de resistencia y desplazamiento y teniendo como datos: el valor de la resistencia, el diámetro del punzón y la profundidad de la matriz; se obtiene un sistema de dos ecuaciones y dos incógnitas (espesor del fondo "x" y desplazamiento) a resolver. Al solucionar dicho sistema, se consigue como resultado, ecuaciones que permitirán conocer que dimensión "x", es necesaria para lograr las condiciones específicas y que desplazamiento se alcanzará en la unión realizada.

De esta manera combinando las tres ecuaciones (o sólo dos de ellas), se llega a diferentes ecuaciones que brindan parámetros específicos de trabajo, de acuerdo al planteamiento del problema que se posea y con ellas diferentes metodologías de cálculo.

4. Conclusiones.

- El diseño experimental desarrollado, posibilitó la obtención de los parámetros de trabajo adecuados para el proceso de unión de láminas del material RACOLD 01 F, con espesores de 1.48 mm. El valor de la resistencia máxima es de 40 kN, logrado con la combinación de parámetros: $x = 1.50$ mm; $d = 6.00$ mm y $l = 1.40$ mm, para los cuales además, se alcanza una magnitud de desplazamiento igual a 2.6 mm. El valor mínimo de resistencia es de 2.7 kN, para la combinación: $x = 0.55$ mm; $d = 6.00$ mm y $l = 2.00$ mm, el desplazamiento que se consigue para este caso es de 2.1 mm.
- Las ecuaciones de desplazamiento, fuerza y resistencia desarrolladas en el modelo permiten mediante su combinación (o sólo dos de ellas), obtener diferentes ecuaciones que brinden parámetros específicos de trabajo, de acuerdo al planteamiento del problema que se posea. Esta combinación da lugar al surgimiento de diferentes metodologías de cálculo, que posibilitan, en dependencia de las particularidades de la unión (y las variables que se especifiquen), llegar a un resultado adecuado de la misma.

5. Bibliografía.

1. Análisis de regression y series cronológicas./ Juan Pupo González. / et al./.- La Habana: s.n., 1983. – 392 p.
2. Cálculo diferencial de funciones de varias variables./ Raúl Rodríguez Macías, Jorgelina García Ramos, Pedro Echevarría Pérez.—La Habana: Pueblo y Educación, 1985.— 675 p.
3. Hernández González, Frank. Investigación experimental para la determinación de las ecuaciones que caracterizan la unión efectuada con la tecnología clinching. Revista Ingeniería Mecánica. Volumen 7 Número 1. La Habana. Cuba.
4. Hernández González, Frank. Punzones para el remachado de embutido: Algunas consideraciones sobre una incorrecta selección. Revista Ingeniería Mecánica. La Habana. Cuba. No. 2. Mayo/Agosto 2002, p. 59-63.
5. Tox Pressotechnik. Germany. Tox tool sets-installation guidelines.(Catalogue).

Achievement of adequate work parameters for sheet metal joining using clinching technology.

Abstract

Taking into account a previous study of clinching technology referred to obtain the equations for the determination of adequate work parameters (x dimension (x), punch diameter (d) and die depth (l), in the join of a sheet metal of 1.48 mm thickness. It's developed an analysis to determine the maximum and minimum values of each equation (displacement, power press and strength joining) so we can achieve the adequate work parameters.

Key words:Joining, optimal analysis, punch diameter, die depth, adequate work parameters, clinching technology.

I TALLER INTERNACIONAL: “LA ENSEÑANZA DE LAS INGENIERÍAS MECÁNICA, MATERIALES Y METALURGIA ANTE LOS RETOS DEL NUEVO MILENIO”

Temáticas de discusión referidas a la formación del profesional de la Ingeniería Mecánica, de Materiales y Metalurgia.

- Políticas curriculares como premisa para la integración de conocimientos.
- Nuevas herramientas didácticas para la formación profesional.
- La formación de competencias profesionales: Valores, Creatividad, Habilidades Investigativas y otras desde el ámbito académico.
- Las Nuevas Tecnologías de la Información y la comunicación al servicio de la enseñanza.
- El desarrollo de los laboratorios docentes y de investigación en la formación del profesional.
- Las Ciencias Básicas y Sociales y su papel formativo para las ciencias de la ingeniería.
- La Educación Ambiental: Una necesidad en la formación del profesional.
- Relaciones Universidad-Industria en las políticas de formación.
- Formación continua en tecnologías del mantenimiento.

Cursos Pre-evento:

- Didáctica de las Ciencias Técnicas (8 horas)
- La formación de valores en el ingeniero: Premisas curriculares y metodológicas (8 horas)
- Diseño curricular en las especialidades mecánicas. (8 horas).
- Premisas metodológicas para el desarrollo del componente investigativo en la formación de ingenieros. (8 horas)

Los trabajos, podrán ser enviados por e-mail a la siguiente dirección

anatare@mecanica.cujae.edu.cu

O contactar personalmente a la:

Dra. Ana Teresa Molina Álvarez

Instituto Superior Politécnico “José A. Echeverría”(CUJAE)

Facultad de Ingeniería Mecánica

Dpto. de Ingeniería del Transporte

Calle 114 #11901 e/ 119 y 127. Marianao. Ciudad Habana.

Cuba. CP 19390