

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC THÔNG SỐ ĐẦU VÀO ĐẾN KÍCH THƯỚC PHÔI KHI CHẤN BẰNG THỰC NGHIỆM

AN EXPERIMENTAL STUDY ON THE INFLUENCE OF INPUT PARAMETERS ON BEND ALLOWANCE IN BENDING OF SHEET METAL

¹Nguyễn Thanh Tân, ¹Trần Thế San, ²Nguyễn Thị Hồng Minh

¹Trường Đại học Sư Phạm Kỹ Thuật TP.HCM

² Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số đầu vào đến kích thước phôi khi chấn hợp kim Al-Mg AA5052-H32 bằng thực nghiệm, trên cơ sở đó viết chương trình phần mềm tính toán kích thước mẫu trải khi chấn và xác định vị trí chấn, nhằm tăng độ chính xác và tính hiệu quả trong quá trình chuẩn bị gia công.

Từ khóa: Hợp kim Al-Mg AA 5052-H32, trải phôi, chấn kim loại tấm.

ABSTRACT

In this paper, we present the results from influences of the part geometry to flat pattern for AA5052-H32, based on these results we wrote a program to calculate flat pattern dimensions and bending locations which make accurate and efficient preparation for manufacturing process.

Key words: Aluminum Magnesium alloy AA5052-H32, flatten, bending sheet metal.

I. MỞ ĐẦU

Tính toán kích thước phôi một cách chính xác cho quá trình chấn là điều kiện tiên quyết để bảo đảm độ chính xác của sản phẩm, trong khi đó hầu hết các tính toán thực tiễn đều dựa vào kinh nghiệm nên việc nghiên cứu ảnh hưởng của một số yếu tố, chẳng hạn vật liệu, góc uốn, bán kính uốn, chiều dày phôi ban đầu,... đến kích thước phôi khi uốn sẽ giúp người thiết kế tính toán chính xác kích thước phôi khi chấn và vị trí chấn, giúp cho quá trình sản xuất trở

nên thuận lợi hơn, bảo đảm tính hiệu quả và độ chính xác cao.

II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Vật liệu AA 5052

2.1.1 Thành phần hóa học

Theo hiệp hội Nhôm Hoa Kỳ (*Aluminum Association*), vật liệu ký hiệu AA5052 có thành phần.

Bảng 2.1: Thành phần hợp kim Al-Mg AA5052 theo hiệp hội Nhôm Hoa Kỳ.

Nguyên tố	Al	Mg	Si	Fe	Cu	Zn	Mn	Cr
Thành phần (%)	95.7-97.7	2.2-2.8	≤0.25	≤0.4	≤0.1	≤0.1	≤0.1	0.15-0.35

Mẫu được sản xuất theo tiêu chuẩn, tuy nhiên để bảo đảm độ tin cậy sau khi mua về được đo độ cứng, kiểm tra thành phần hóa học

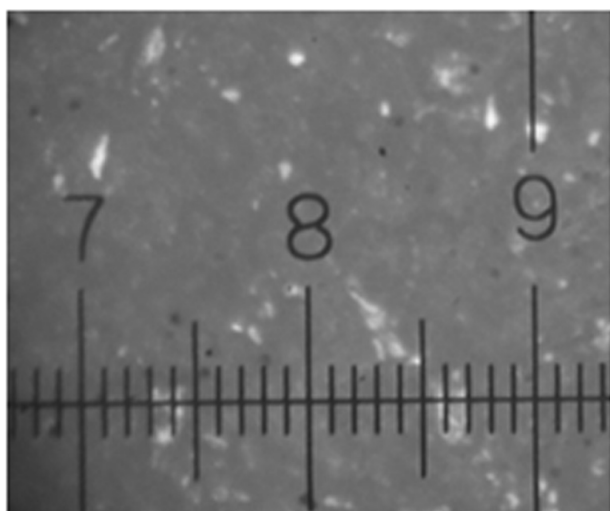
bằng phương pháp quang phổ, và xem xét tổ chức tế vi. Kết quả như sau:



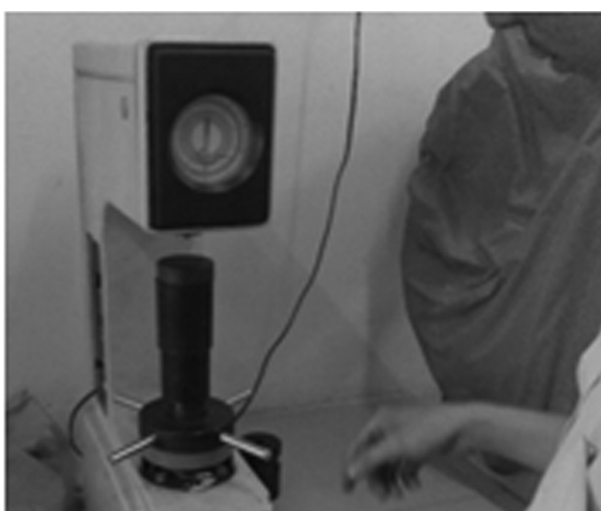
Hình 2.1: Mẫu kiểm tra thành phần hóa học bằng quang phổ.

Bảng 2.2: Thành phần mẫu sau khi kiểm tra quang phổ (%)

Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ni	Cr	Co
96.909	0.093	0.292	0.02	0.074	2.31	0.006	0.017	0.224	<0.001
P	Pb	Sn	Ti	Ag	B	Bi	Ca	Cd	V
<0.001	<0.002	<0.002	0.017	0.003	0.005	<0.002	0.001	0.001	0.006



Hình 2.2: Kết quả kiểm tra tổ chức tế vi mẫu trên kính ISM-300 (x400)



Hình 2.3: Kiểm tra độ cứng mẫu trên máy Rockwell AR-10

Độ cứng trung bình 62 HRB
Từ kết quả phân tích thành phần và độ cứng
nêu trên có thể thấy mẫu nghiên cứu phù hợp

với hợp kim AA5052-H32, theo Hiệp hội Nhôm
Hoa Kỳ, hợp kim này có các tính chất như
sau:

2.1.2 Tính chất

Tính chất vật lý

Tỉ trọng: 2.68 g/cm³

Nhiệt độ nóng chảy: 607- 649 °C

Môđun đàn hồi: 70.3 MPa

Hệ số Poissons: 0.33

Tính chất cơ học

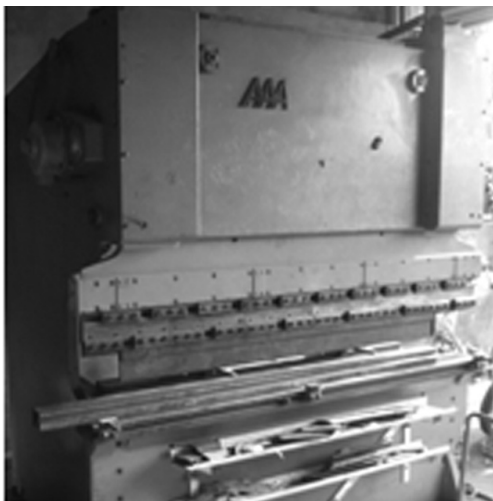
Giới hạn chảy 193MPa

Giới hạn bền 228 MPa

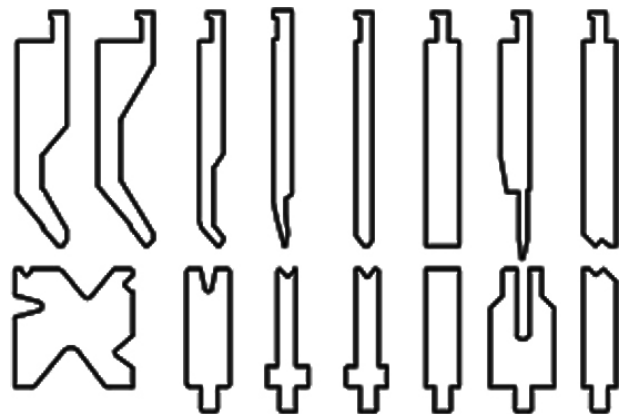
Độ giãn dài 12%

2.2 Thiết bị

2.2.1 Máy chấn AAA-AP10024



Hình 2.4: Máy chấn AAA-AP10024.



Hình 2.5: Chày và cối thường dùng.

Thông số kỹ thuật

Lực chấn: max. 100 tấn

Chiều dài chấn: 2400 mm

Hành trình chấn: 150 mm

Khoảng cách bên hông: 410 mm

Số xylanh: 4

Cỡ chặn tôn: tay

Công suất động cơ: 7.5 kW

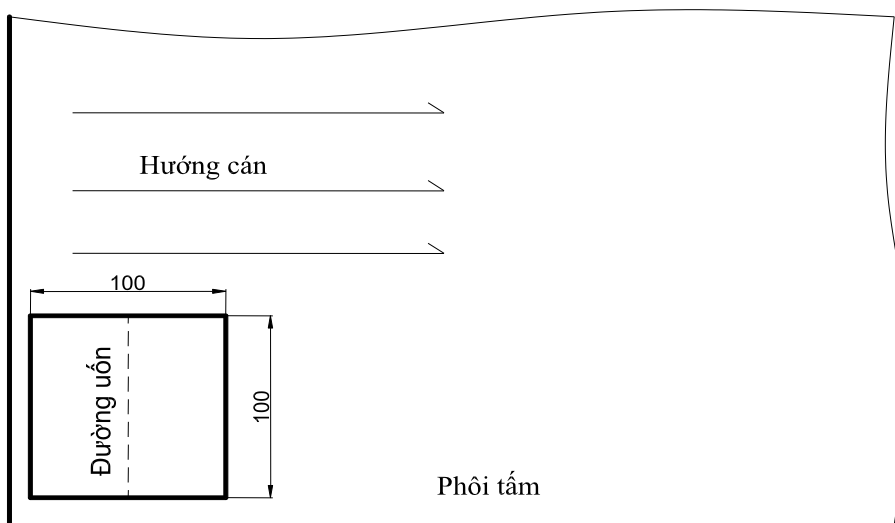
Vật liệu thân máy: Thép

Trọng lượng máy: 12 tấn

Xuất xứ: AAA (Nhật)

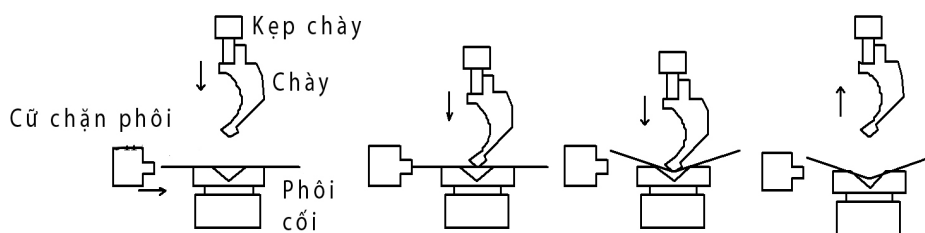
2.2.2 Phương pháp đo

Bước 1: Cắt mẫu và gia công mẫu



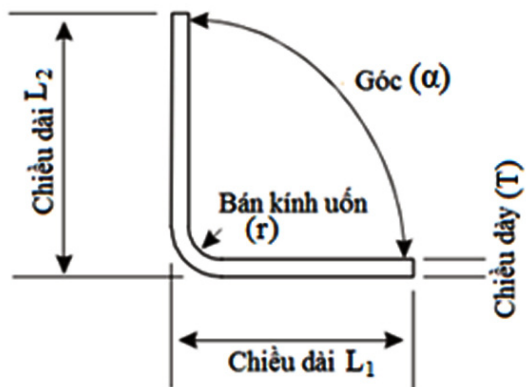
Hình 2.6: Sơ đồ cắt mẫu trên phôi tấm.

Bước 2: Đo chiều dài mẫu, đánh số và điều chỉnh máy



Hình 2.7: Đo chiều dài mẫu, đánh số và chỉnh hành trình máy.

Bước 3: Uốn, đo và kiểm tra các kích thước



Hình 2.8: Chấn và đo kích thước.

b. Tính toán các hệ số hồi qui

$$b_0 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_{0i} Y_i, \quad b_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_{ji} Y_i,$$

$$b_{jl} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_j x_l)_i Y_i, \quad b_{jlk} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_j x_l x_k)_i Y_i$$

Từ số liệu thực nghiệm và áp dụng công thức sẽ tính được các hệ số b:

$$\begin{aligned} \mathbf{b}_0 &= 9,64 & \mathbf{b}_2 &= 5,33 \\ \mathbf{b}_1 &= 5,54 & \mathbf{b}_3 &= 0,86 \\ \mathbf{b}_{12} &= 3,21 & \mathbf{b}_{23} &= 0,05 \\ \mathbf{b}_{13} &= 0,39 & \mathbf{b}_{123} &= 0,037 \end{aligned}$$

c. Kiểm định tính đồng nhất của phương sai theo tiêu chuẩn Cochran

Sự khác biệt bất thường trong quá trình đo sẽ được xử lý sơ bộ, loại bỏ sai số thô trong số liệu thực nghiệm được tiến hành thông qua kiểm định tính đồng nhất của phương sai theo tiêu chuẩn Cochran.

Giá trị trung bình \bar{Y}_i ở mỗi thí nghiệm

$$\bar{Y}_i = \frac{\sum_{u=1}^m Y_{iu}}{m}, \quad \text{với } i = 1 \dots N$$

Phương sai ở mỗi thí nghiệm

$$S_i^2 = \frac{\sum_{u=1}^m (Y_{iu} - \bar{Y}_i)^2}{m-1}, \quad \text{với } i = 1 \dots N$$

Trong đó:

N : số thí nghiệm, N = 8

m : số thí nghiệm lặp lại trong mỗi thí nghiệm, m = 3

Chỉ số Cochran

$$G = \frac{S_{\max}^2}{\sum_i^N S_i^2}$$

So sánh giá trị tính được với giá trị tra trong bảng $G_{1-p}(f_1, f_2)$, với mức ý nghĩa:

$$f_1 = m - 1, \quad f_2 = N$$

Nếu $G < G_{1-p}(f_1, f_2)$, ta có phương sai đồng nhất. Với mức ý nghĩa $p = 0.05$

Bậc tự do $f_1 = 2, f_2 = 8$, tra bảng 6[3] sẽ nhận được: $G_{0.95} = 0.5157$

Bảng 2.5: Hệ số Cochran khảo nghiệm Bend Allowance.

STT	Kết quả đo			Trung bình	Phương sai tái hiện			Si ²	Chỉ số Cochran
	Lần 1	Lần 2	Lần 3		Lần 1	Lần 2	Lần 3		
1	1,48	1,57	1,5	1,52	0,0016	0,0025	0,0004	0,0023	0,0305
2	2,42	2,33	2,55	2,43	0,0001	0,01	0,0144	0,0123	0,1757
3	5,71	5,77	5,72	5,74	0,0009	0,0009	0,0004	0,0011	0,0109
4	6,6	6,71	6,78	6,70	0,01	0,0001	0,0064	0,0083	0,122
5	5,49	5,39	5,56	5,48	0,0001	0,0081	0,0064	0,0073	0,0988
6	7,82	7,88	7,69	7,80	0,0004	0,0064	0,0121	0,0094	0,1476
7	22,36	22,32	22,46	22,38	0,0004	0,0036	0,0064	0,0052	0,078
8	25,06	25,24	24,86	25,05	0,0001	0,0361	0,0361	0,0361	0,4405
Tổng								0,0819	

Giá trị chỉ số Cochran trong mỗi thí nghiệm nhỏ hơn $G_{0,95}$, bảo đảm tính đồng nhất của phương sai.

Để kiểm định ý nghĩa của hệ số hồi quy và sự

tương thích của phương trình hồi quy với thực nghiệm, cần thực hiện thêm ít nhất là $N_0 = 3$ thí nghiệm ở tâm phương án để xác định phương sai tái hiện.

Kết quả thí nghiệm tại tâm

Bảng 2.6: Kết quả thí nghiệm dung sai uốn cho phép tại tâm phương án.

STT	y_u^0	\bar{y}^0	$y_u^0 - \bar{y}^0$	$(y_u^0 - \bar{y}^0)^2$	$\sum (y_u^0 - \bar{y}^0)^2$
1	9,58	9,61	-0,03	0,0009	0,0014
2	9,62		0,01	0,0001	
3	9,63		0,02	0,0004	

$$S_{th}^2 = \frac{1}{N_0 - 1} \sum_{u=1}^{N_0} (Y_u^0 - \bar{Y}^0)^2 \quad S_{th}^2 = 0,0007 \rightarrow S_{th} = 0,026458$$

1.2. Kiểm tra sự có nghĩa của các hệ số

Việc kiểm nghiệm của hệ số hồi qui được thực hiện theo tiêu chuẩn Student:

$$t_j = \frac{|b_j|}{S_{b_j}}, \quad S_{b_j} = \frac{S_{th}}{\sqrt{N}} = \frac{0,026458}{\sqrt{8}} = 0,0093541$$

b_j là hệ số thứ j trong phương trình hồi qui, S_{b_j} độ lệch của các hệ số b_j

Bảng 2.7: Bảng kiểm định hệ số b theo tiêu chuẩn Student.

$b_0 = 9.64$	$t_0 = 1030.29$	$b_{12} = 3.2$	$t_{12} = 342.9$
$b_1 = 5.54$	$t_1 = 592.25$	$b_{13} = 0.39$	$t_{13} = 41.69$
$b_2 = 5.33$	$t_2 = 569.8$	$b_{23} = 0.05$	$t_{23} = 5.35$
$b_3 = 0.86$	$t_3 = 91.67$	$b_{123} = 0.038$	$t_{123} = 4.01$

So sánh t_j với $t_p(f)$. Trong đó $t_p(f)$ là chuẩn Student, tra bảng theo độ tin cậy $p = 0.05$ và bậc tự do $f = N_0 - 1 = 2$, nhận được:

$$t_{0,05}(2) = 4.3$$

Nếu $t_j > t_p(f)$ thì hệ số b_j có nghĩa

Nếu $t_j < t_p(f)$ thì hệ số b_j bị loại khỏi phương trình

Phương trình hồi qui:

$$\hat{Y} = 9.64 + 5.54x_1 + 5.33x_2 + 0.86x_3 + 3.2 x_1x_2 + 0.39x_1x_3 + 0.39x_1x_3 + 0.05x_2x_3$$

1.3. Kiểm tra tính tương thích của phương trình hồi qui

Kiểm định phương trình hồi qui và sự tương thích của phương trình hồi qui với thực nghiệm ta phải tìm phương sai tái hiện S_{th}^2

Tiêu chuẩn Fisher

$$F = \frac{S_{du}^2}{S_{th}^2} \quad S_{du}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{N - L}$$

Trong đó: N là số thí nghiệm, L là số hệ số có nghĩa trong phương trình hồi qui.

Bảng 2.8: Bảng kiểm định BA theo tiêu chuẩn Fisher

STT	\hat{Y}_i	Y_i	$Y_i - \hat{Y}_i$	$(Y_i - \hat{Y}_i)^2$
1	1.5575	1,520	-0.0375	0.001406
2	2.3925	2,430	0.0375	0.001406
3	5.7025	5,740	0.0375	0.001406
4	6.7375	6,700	-0.0375	0.001406
5	5.4425	5,480	0.0375	0.001406
6	7.8375	7,800	-0.0375	0.001406
7	22.4175	22,380	-0.0375	0.001406
8	25.0125	25,050	0.0375	0.001406
Tổng				0,01125

$$S_{du}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{N - L} = \frac{0,01125}{8 - 7} = 0,01125$$

$$F = \frac{S_{du}^2}{S_{th}^2} = \frac{0,01125}{0,026458} = 0,425202$$

Tra bảng phân bố Fisher với $p = 0.05$, $f_1 = N - L = 1$, $f_2 = N_0 - 1 = 3 - 1 = 2$, ta có:

$$F_{1-p} = F_{0.95}(2,2) = 18.5$$

Ta có $F < F_{1-p}$. Vậy phương trình hồi qui tương thích với thực nghiệm.

Chuyển phương trình từ dạng mã hóa (x_1, x_2, x_3) về dạng tọa độ tự nhiên (z_1, z_2, z_3):

Như vậy:

$$Y = 0,1263 - 0,0011 z_1 - 0,029 z_2 + 0,06625 z_3 + 0,0178 z_1 z_2 + 0,0043 z_1 z_3 + 0,00625 z_2 z_3$$

2. Xác định kích thước phôi khi chẵn và vị trí chẵn từ phương trình thực nghiệm

Để tính kích thước phôi khi chẵn, có thể chọn một trong 3 phương án sau:

- **Phương trình thực nghiệm (từ kết quả nghiên cứu hoặc từ thực tế sản xuất)**

Chiều dài đoạn 1 =

$$L_1 - \{ \{ (L_1 + L_2) - [L_1 + L_2 - 2 * (\tan(\alpha_1) * \pi / 360) * (R_2 + T_2)] + y_1(\alpha_1) \} / 2 \}$$

○ Chiều dài đoạn (i-1) =

$$L_{(i-1)} - \{ \{ (L_{(i-2)} + L_{(i-1)}) - [L_{(i-2)} + L_{(i-1)} - 2 * (\tan(\alpha_{(i-2)}) * \pi / 360) * (R_{(i-1)} + T_{(i-1)})] + Y_{(i-2)}(\alpha_{(i-2)}) \} / 2 - \{ (L_{(i-1)} + L_{(i)}) - [L_{(i-1)} + L_{(i+1)} - 2 * (\tan(\alpha_{(i-1)}) * \pi / 360) * (R_{(i)} + T_{(i)})] + y_{(\alpha_{(i-1)})} \} / 2 \}$$

○

o Chiều dài đoạn (i)=

$$L_{(i)} - \{ \{ (L_{(i)} + L_{(i-1)}) - [L_{(i)} + L_{(i-1)} - 2 * (\tan((\alpha_{(i-1)} * \pi / 360)) * (R_{(i-1)} + T_{(i-1)})) + y(\alpha_{(i-1)})] \} / 2 \}$$

Trong đó $Y = 0,0129 - 0,0011 * z_1 - 0,004 * z_2 + 0,1038 * z_3 + 0,0178 * z_1 z_2 + 0,0043 * z_1 z_3$ hoặc có thể thay đổi tùy theo phương trình thực nghiệm

- **Chọn hệ số K (Tùy vật liệu hoặc điều kiện gia công)**

o Chiều dài đoạn 1 =

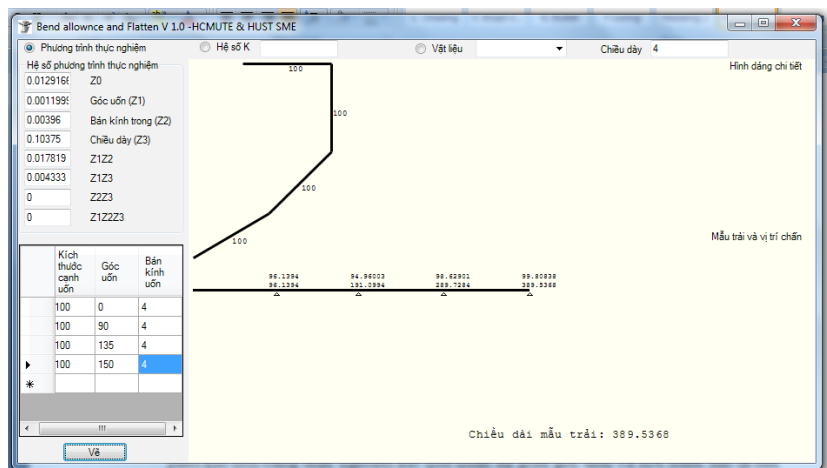
$$L_1 - \{ \{ (L_1 + L_2) - [L_1 + L_2 - 2 * (\tan((\alpha_2 * \pi / 360)) * (R_2 + T_2)) + \pi * \alpha_1 / 180 * (R_2 + K * T_2)] \} / 2 \}$$

- **Chọn vật liệu**

Bảng 2.9: Chọn hệ số K tương ứng với loại vật liệu và quan hệ giữa R-T.

R	Mềm	Vừa	Cứng
<T	0,33	0,38	0,4
T-3T	0,4	0,43	0,45
>3T	0,5	0,5	0,5

Căn cứ vào loại vật liệu, bán kính và chiều dày, chọn K tương ứng và tính toán tương tự như phần hệ số K



Hình 2.9: Chương trình tính kích thước phi khi chấn và vị trí chấn dựa vào phương trình thực nghiệm hoặc chọn K tùy ý hoặc chọn hệ số K tương ứng với vật liệu theo kinh nghiệm.

II. KẾT LUẬN

Kích thước phôi khi uốn phụ thuộc rất nhiều vào vật liệu, góc uốn, bán kính uốn và bề dày vật liệu, nó cũng đồng thời là những thông số kích thước của sản phẩm nên việc có chương trình để nhập các thông số và chương trình sẽ tự

tính toán kích thước và vị trí chân sẽ hỗ trợ cho việc tính toán thiết kế sản phẩm kim loại tấm. Chương trình “*Bend Allowance and Flatten V1.0 – HCMUTE & HUST SME*” được viết trên cơ sở đó.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Mậu Đăng, *Công nghệ tạo hình kim loại tấm*, NXB Khoa Học Kỹ Thuật, 2006
- [2] Nguyen Thi Hong Minh, *Automatic tool selection and dimensional accuracy verification in computer aided process planning for sheet metal bending*, Ph.D thesis, November 2005
- [3] Lê Đức Ngọc, *Xử lý số liệu và kế hoạch hóa thực nghiệm*, Trường Đại Học Khoa Học Tự Nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội, 8/2001
- [4] Lê Nhưong, *Kỹ thuật dập nguội*, NXB Khoa Học Kỹ Thuật, 1981
- [5] Bend Works, *the fine-art of sheet metal bending*, July 2002