

Condiciones preferibles del mecanizado para elaborar probetas de ensayo Charpy, según análisis multifactorial

Suárez*, Roberto; Sarache, Luis y Chacón, Rubén

Escuela de Ingeniería Mecánica, Dpto. de Tecnología y Diseño Universidad de Los Andes. Mérida. Venezuela

* jsuarez@ula.ve

Resumen

En el presente trabajo se averiguan las condiciones del mecanizado preferible para elaborar probetas de ensayo Charpy con entalla en V, en acero SAE 1045. El objetivo es conseguir probetas con las cuales, en los resultados del ensayo de impacto, se atenúe la influencia de las características dejadas por el mecanizado de la entalla; destaca la influencia de la naturaleza del material. Se consideraron las siguientes variables: a) velocidad del avance de la mesa de la fresadora en los niveles de 56 y 140 mm/min, b) profundidad del corte en nivel de dos pasadas sucesivas de 1,7 y 0,3 mm y en nivel de una sola pasada de 2,0 mm, y c) aplicación y no aplicación de fluido de corte. Partiendo del postulado de que las entallas preferibles son aquellas que en el ensayo de impacto generan menor consumo de energía, se ejecutaron mecanizados acordes con un experimento multifactorial 2^3 . Se ejecutaron ocho tratamientos con diez probetas cada uno, y luego éstas fueron sometidas a impacto para determinar la energía absorbida. El análisis multifactorial aplicado a los resultados indica que el efecto significativo lo posee la aplicación del fluido de corte.

Palabras claves: Probeta Charpy, mecanizado, análisis multifactorial.

Preferable conditions of the automated one to elaborate rehearsal test Charpy, according to multifactorial analysis

Abstract

Present work deals with the preferable conditions of the automated one to elaborate test of rehearsal of Charpy it fits in V in SAE 1045 steel. The object it is to get test tubes with those which, in the results of the impact rehearsal, attenuate the influence of the characteristics left by the automated one to it fits her and stand out influence of the nature of the material. The following variables were considered: a) the speed of the advance of table of the milling machine in the levels of 56 and 140 mm/min, b) the depth of the cut in level of two successive passings of 1,7 and 0,3 mm and in level of a single passing 2,0 mm, and c) the application and not application of cutting fluid. Leaving of the postulate that you fit them preferable they are those that generate high energy consumption in the impact rehearsal, the automated ones they were executed chord with a multifactorial experiment 2^3 . Eight treatments were executed with ten test tubes each one, and then these were subjected to impact to determine the absorbed energy. The analysis Multifactorial applied to the results indicates that the significant effect possesses it the application of the cutting fluid.

Key words: Charpy specimen, mechanized, multifactor analysis.

Recibido: 20-05-2004 Revisado: 12-02-2007

1. Introducción

Las entallas elaboradas en probetas del ensayo de impacto de Charpy, son concentradores de esfuerzos con características (forma, dimensiones y acabado superficial) influyen en el valor del resultado de energía absorbida obtenido del ensayo. Esto ha constituido siempre - como en trabajos actuales del Laboratorio de Ensayos Mecánicos de la escuela de Ingeniería Mecánica - ULA - una dificultad en la caracterización de los materiales metálicos se sus resistencias al impacto, pues la influencia de las características superficiales dejadas en la entalla por el mecanizado, no puede ser separada de la influencia de la sola naturaleza del material. Puesto que la primera de las influencias es una interferencia inevitable, resulta necesario por lo menos atenuarla. Mediante el diseño de un análisis multifactorial, este proyecto se orienta a conseguir una satisfactoria combinación de variables de mecanizado y los efectos individuales y/o de interacción de esas variables, de modo tal que el mecanizado de las entallas produzca una máxima revelación del comportamiento mecánico de la naturaleza del material al ser sometido en forma de probetas al ensayo de Charpy.

2. Fase pre-experimental.

Considerando el universo de variables del mecanizado en la técnica del grupo nominal, con personal calificado en

Considerando el universo de variables del mecanizado en la técnica del grupo nominal, con personal capacitado en áreas de materiales y de procesos de fabricación por arranque de viruta, así como bibliografía sobre el tema Barbashov (1981), Altinç (1996), fueron determinadas, por efecto de ponderación, tres variables que se consideraron significativas dentro del proceso. Dos de ellas son de carácter cuantitativo y una es cualitativa. Las cuantitativas son la velocidad del avance de la mesa de la fresadora y la profundidad del corte, en tanto que la cualitativa es la aplicación de fluido de corte en el sentido de su aplicación o no aplicación. Para las tres variables fueron establecidos los niveles indicados en la Tabla 1.

Por definición de Montgomery (1991), el análisis multifactorial es una metodología para cuya aplicación se indican cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso, con la finalidad de observar e identificar los cambios en la respuesta de salida y sus causas. Entre sus objetivos se encuentran el determinar las variables que tienen mayor influencia en la respuesta de salida, el rango de variables que minimizan el error y los efectos de las variables, para mejorar el rendimiento de un producto o proceso de manufactura. Si en un experimento se consideran dos o más factores (variables) de entrada, el diseño experimental factorial puede ser aplicado mediante alguno de los siguientes modelos: modelo factorial L^k o modelo factorial fraccionado L^{k-p} ; donde L es el número de niveles de cada variable, k es el número de variables de entrada consideradas y p es el número de generadores. En este caso ha sido utilizado un modelo factorial 2^3 .

Tabla 1. Variables de estudio en el diseño experimental factorial 2^3 aplicado al proceso de elaboración de las probetas del ensayo Charpy.

Variable seleccionada	Notación	Carácter de la variable	Nivel de la variable	
			Bajo (-)	Alto (+)
Velocidad del avance de la mesa de la fresadora	V_f	Cuantitativa	56 mm/min.	140 mm/min.
Profundidad del corte	a_e	Cuantitativa	(1,07 + 0,3) mm	2 mm
Aplicación de fluido de corte	L	Cualitativa	No	Sí

3. Postulado

El presente trabajo fue concebido como una averiguación, sin hipótesis, de las influencias de las variables seleccionadas sobre la atenuación de la influencia de las características de las entallas en los resultados del impacto, con lo mismo, ausencia de hipótesis acerca de las condiciones del maquinado que mejor podrían revelar el comportamiento mecánico de la naturaleza del material ante tal carga. No obstante, fue erigido el siguiente postulado: mejor revelación del comportamiento mecánico de la naturaleza de un material metálico ante carga impactada, se logra cuando - usando probetas (entalladas) de un determinado tipo - mayores son en el impacto los resultados de absorción de energía. Con esto se admite la conocida influencia de las entallas en el sentido de provocar en el impacto menor consumo de energía por efecto de la concentración de esfuerzos, factor éste extraído de la naturaleza del material. Concentradores de esfuerzos pueden ser también rugosidades en el fondo de la entalla;

4. Fase experimental.

Las probetas fueron elaboradas acorde con la norma ASTM24-8891 (Figs. 1 y 2).

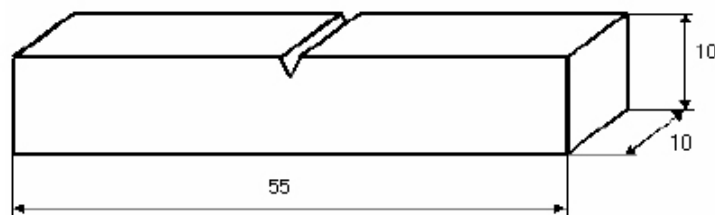


Fig. 1 Forma y dimensiones (mm) de las probetas

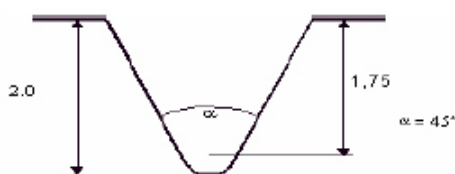


Fig. 2 Características de la entalla

El material utilizado (acero venezolano SAE 1045, con dureza de 252 unidades Vickers) fue adquirido en forma de barra de sección cuadrada de $\frac{1}{2}$ " x $\frac{1}{2}$ ", con perfil no calibrado. El haber seleccionado para la elaboración de entallas tres variables del mecanizado, cada una en dos niveles, implica diseño experimental con modelo factorial 2^3 , es decir, ocho diferentes tratamientos (diferentes combinaciones de las tres variables del mecanizado seleccionadas).

es decir, ocho diferentes tratamientos (diferentes combinaciones de las tres variables del mecanizado selecciona. En la Tabla 2 se pueden observar las combinaciones correspondientes a cada uno de los tratamientos. En tratamiento fueron empleadas diez probetas. Antes de hacerles las entallas todas las probetas fueron sometid recocido de regeneración para aliviarles tensiones y uniformizar la micro estructura. La dureza después tratamiento térmico quedó en 170 unidades Vickers. Las dimensiones de las probetas, aún sin entallas consiguieron usando una fresa marca Sandvik de plaquitas intercambiables, recomendada para este tipo operación. Por exigencias de precisión geométrica y dimensional, para hacer las entallas fue empleada una f completamente nueva de acero superrápido (HSS), bicónica con un ángulo de 45° y 30 dientes. Para elaborarle entallas las probetas fueron tomadas aleatoriamente del orden en que habían sido extraídas de la barra ini Finalmente las pruebas de impacto fueron ejecutadas usando un martillo de Charpy marca Tinius Olsen. Este ma genera una energía cinética igual a 36,5 kgf-m, con velocidad del péndulo igual a 5,144 m/seg en el moment impacto contra la probeta. También fue aleatorio el orden en que las probetas fueron sometidas al ensayo impacto. La Tabla 3 contiene los resultados de energía absorbida por las probetas.

5. Fase post-experimental

El diseño experimental aplicado puede ser representado gráficamente mediante un cubo (Fig. 3). Cada vértice cubo representa un tratamiento y en cada tratamiento se indica el valor promedio de la energía absorbida. El ef de cada variable y los efectos de sus interacciones fueron calculados mediante las ecuaciones descritas por B Hunter (1978) y contenidas en el programa SEMPRO, elaborado por Torres (1997). La tabla 4 contiene los result de los cálculos arrojados por SEMPRO considerando los datos presentados en la Fig.3. La tabla 4, aparte de valores de los efectos principales y de interacción, contiene también los valores de la desviación s y sus múltiple y 3s y los valores del cociente del efecto entre las desviaciones. Considerando los valores contenidos en las últimas columnas de la tabla 4, se observa que sólo en el caso de la variable individual L el efecto Ef es mayor una vez la desviación s, siendo el cociente Ef/s = 1,27. Esto indica que en los tratamientos aplicados el único ef significativo es el efecto principal Ef = 0,1540 correspondiente a la variable L (lubricación). Por consiguient prescinde de analizar los efectos de las interacciones entre dos y las tres variables.

Tabla 2. Tratamientos aplicados en la elaboración de las entallas

<i>Tratamientos aplicados</i>			
Ordinal	Velocidad del avance de la mesa de la fresadora V_f	Profundidad del corte a_e	Lubricación L
1°	-	-	-
2°	+	-	-
3°	-	+	-
4°	+	+	-
5°	-	-	+
6°	+	-	+
7°	-	+	+
8°	+	+	+

Tabla 3 Resultados de las pruebas de impacto en cada uno de los tratamientos aplicados

<i>Tratamientos</i>				<i>Réplicas R (resultados de la energía absorbida) obtenidas en cada uno de los ocho tratamientos (kgf-m)</i>									
Ordinal	Velocidad del avance V_f	Profundidad del corte a_e	Lubricación L	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10
1°	-	-	-	3,00	3,15	3,00	3,35	3,15	2,55	3,70	3,55	4,50	3,95
2°	+	-	-	3,40	3,25	3,35	4,25	3,25	3,55	3,05	2,90	2,80	3,65
3°	-	+	-	2,90	3,65	3,25	3,40	3,55	3,40	3,45	3,75	4,55	2,75
4°	+	+	-	3,25	3,40	3,65	3,80	3,55	3,25	3,55	3,85	3,05	3,35
5°	-	-	+	3,45	3,75	3,70	3,85	3,65	3,15	3,55	3,75	4,15	3,00
6°	+	-	+	3,15	3,65	3,10	4,55	3,75	3,15	3,15	4,30	2,95	3,95
7°	-	+	+	3,35	3,55	3,55	3,35	3,25	3,15	4,55	4,10	2,65	4,30
8°	+	+	+	2,75	3,70	3,90	3,70	4,00	3,55	4,45	3,00	2,85	3,45

Tabla 4 Resultados de la aplicación del programa SEMPRO

	E_f	E_f	E_f
--	-------	-------	-------

Variables	valor del efecto E_f	s	2s	3s	$\frac{L1}{s}$	$\frac{L1}{2s}$	$\frac{L1}{3s}$
V_f	-0,0290				0,24	0,12	0,08
a_e	0,0360				0,30	0,15	0,10
L	0,1540				1,27	0,64	0,42
$V_f \otimes a_e$	0,0090	0,1210	0,2420	0,3631	0,07	0,04	0,02
$V_f \otimes L$	-0,0090				0,07	0,04	0,02
$a_e \otimes L$	-0,0660				0,55	0,27	0,18
$V_f \otimes a_e \otimes L$	-0,0150				0,12	0,06	0,04

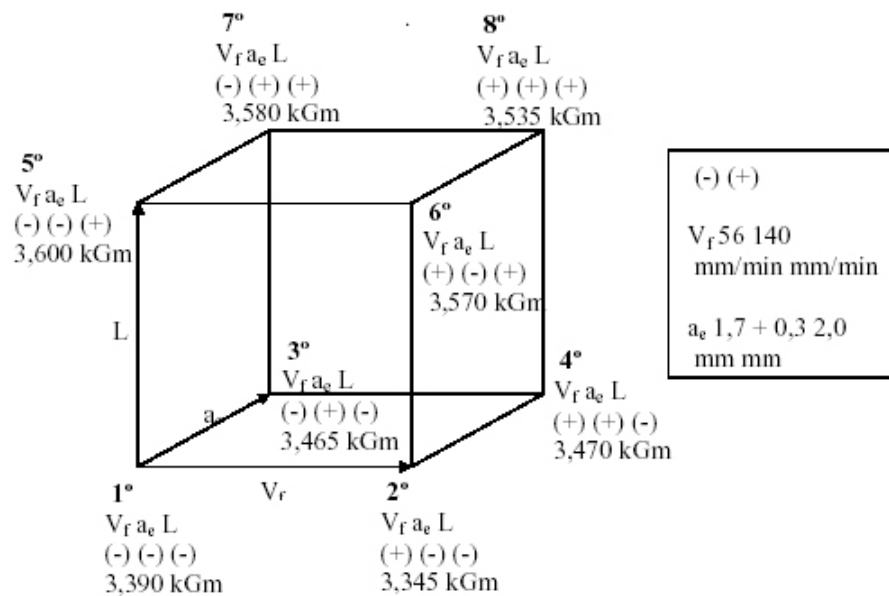


Fig. 3 Representación gráfica del diseño experimental 2^3 y promedios de energía en cada tratamiento

6. Discusión

El análisis multifactorial ha revelado que la lubricación es la única variable de efecto significativo entre las fueron seleccionadas para realizar los tratamientos. A la vez, en la Fig. 3 se observa que los mayores valores de energía absorbida corresponden a los tratamientos en los cuales se aplicó lubricación. El fenómeno del efecto positivo de la lubricación en el aumento de la energía absorbida, puede ser explicado con base en el hecho ampliamente difundido en revistas especializadas y textos, por ejemplo Doyle (1998), de que la lubricación propicia y promueve mejores acabados superficiales. Una entalla con mejor acabado superficial, principalmente en su fondo, es una entalla con atenuada capacidad de concentrar esfuerzos y, en consecuencia, en ella es dificultada la iniciación de grietas de rotura debida al impacto. En tal circunstancia la naturaleza propia del material manifiesta una mayor oposición a la rotura ante la carga de impacto. Estas razones conducen a admitir que el postulado erigido al inicio de este trabajo, halla apoyo en los resultados encontrados.

7. Conclusiones

El análisis multifactorial aplicado al proceso de elaboración de entallas en probetas de impacto, considerando como variables del mecanizado la velocidad del avance de la mesa de la fresadora en dos niveles (56 y 140 mm/min) y la profundidad del corte en dos niveles (dos pasadas sucesivas de 1.7 y 0.3 mm cada una, y una sola pasada de 2.0 mm) y el fluido de corte en dos niveles (aplicación y no aplicación), indica que sólo la aplicación del fluido de corte (lubricación) ejerce efecto significativo en el incremento de la energía absorbida por dichas probetas al ser sometidas a un impacto.

Puesto que la influencia (efecto significativo) de la aplicación del fluido de corte (lubricación) incide positivamente en la calidad del acabado superficial de las entallas, se infiere que es el mejor acabado superficial el factor que incrementa los valores de la energía absorbida por las probetas en el impacto.

Un mejor acabado superficial de las entallas, particularmente en sus fondos, debe causar dificultad a la iniciación de la grieta producida por el impacto y, en tal circunstancia, es muy probable que el proceso de la iniciación de la grieta pase a depender sensiblemente de la resistencia que le oponga la naturaleza del material.

Puesto que los más deseados resultados de un ensayo de impacto son aquéllos en los cuales la influencia de la naturaleza del material es más acentuada, de este trabajo se infiere la conveniencia de aplicar siempre fluido de corte durante la elaboración de las entallas.

Referencias

Referencias

1. Althing L, 1996, *Proceso para ingeniería de manufactura*, Alfaomega grupo Editor S.A., México.
2. Barbashov F, 1981, *Manual del fresador*, segunda edición, Editorial MIR, Moscú.
3. Box GE, Hunter WS. y. Hunter JS, 1978, *Statistics for experiments*, Wiley & Sons, New York.
4. Doyle L, 1998, *Procesos y materiales de manufactura para ingenieros*, Pretice-Hall Hispanoamericana, México.
5. Montgomery C, 1993, *Diseño de experimentos para ingeniería*, McGraw Hill, México.
6. Torres A, 1997, *Sistema para la evaluación multifactorial de procesos u organizaciones (SEMPRO)*, Tesis maestría; Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.