

Capítulo 5 Conclusiones y desarrollos futuros

1.1 Conclusiones

En el presente trabajo se ha desarrollado un modelo de elementos finitos (MEF) que simule el proceso de conformado de tubos por flexión. Por lo tanto, los resultados aquí obtenidos deben compararse con resultados experimentales con el objetivo de sacar a la luz importantes conclusiones.

A la vista de los resultados obtenidos, las conclusiones más destacables se resumen a continuación:

- Mediante el MEF se puede obtener una visión previa muy aproximada de todo el proceso de flexión de un tubo para cualquier ángulo, consiguiéndose incluso mejores resultados que los experimentales.
- Gracias a la herramienta de software ABAQUS de elementos finitos se puede hacer un control muy exhaustivo de todo un proceso de flexión, proporcionándonos valores de cualquier variable que intervenga en el problema,

y simulando perfectamente los contactos entre matrices y condiciones de contorno e iniciales.

- A pesar de existir tres métodos distintos de flexión de tubos, el método presentado en este trabajo se muestra como el más fiable y que arroja mejores resultados y prestaciones. Este método por rotación no requiere grandes fuerzas para su realización.

Tras exponer diferentes resultados del proceso de conformado, podemos sacar las conclusiones siguientes dependiendo del análisis realizado:

Springback

- El springback disminuye cuando disminuye tanto el diámetro exterior del tubo como el radio de curvatura. Este comportamiento se produce para cualquier tipo de material utilizado para el tubo.
- Siempre que el ángulo de flexión se mantenga constante, la pendiente de la recta que muestra la evolución del springback se mantendrá prácticamente nula.
- Los tubos de aluminio tienen una recuperación elástica mucho mayor que en los tubos de acero.
- Todos los resultados que se obtienen son totalmente independientes del espesor que tengan los tubos

Ovalidad

- Se puede demostrar que la ovalidad en los tubos no depende ni del material ni del radio de curvatura. El único parámetro que debemos tener en cuenta es la relación $\frac{t}{R}$.
- La ovalidad aumentará discretamente cuanto menor sea este último parámetro, aumentando exponencialmente cuando tenemos diámetros exteriores del tubo mayores de 1".

Espesor de pared

- Debido al estiramiento que sufre el material en la parte exterior de la curva del tubo (extrados), el espesor de pared de éste sufrirá un adelgazamiento; mientras que ocurrirá justamente lo contrario en el intrados del tubo, la pared del tubo

sufrirá un ensanchamiento. Este comportamiento es prácticamente idéntico para cada material, del orden del 8 o 9 %.

1.2 Desarrollos futuros

Podemos realizar diversas mejoras sobre el modelo aquí estudiado encaminadas tanto a mejorar los resultados obtenidos como a mejorar el modelo simulado mediante MEF.

Para que todos estos resultados aquí obtenidos se puedan valorar correctamente, se deberían desarrollar una serie de ensayos experimentales que cumplan unos requisitos básicos de condiciones ambiente, así como otros parámetros influyentes como pueden ser el operario que realiza las medidas, lotes de piezas iguales, mismo sistema de medida, etc.

Se realizaron varias ensayos experimentales pero no se llegaron a considerar debido a que no se cumplían algunas de las condiciones antes mencionadas.

Entre las mejoras que se centran en mejorar los resultados están:

- La simulación de todo el proceso con materiales que presenten anisotropía, estudiando y comparando así los resultados para comprobar si las curvas de springback son aún más horizontales y constantes o, si por el contrario, es un parámetro no influyente.
- La introducción de mandriles de mayor longitud (en ABAQUS se traduciría en la introducción de más bolas rígidas) para mejorar la ovalidad del tubo en la parte curva.

Si queremos que el modelo simulado se asemeje más a la realidad, las mejoras que se podrían realizar sobre el modelo podrían ser:

- La introducción de coeficientes de rozamientos prácticamente nulos.
- La introducción de diferentes 'steps' en los que se siga paso a paso todo el proceso real de flexión.