

CONFORMADO DE METALES POR EXPANSION CONTRACCION Y POR MEDIO DE RODILLOS

Adaptado para el INFORMADOR TECNICO
Por: Bairo Vera Mondragón
Germán Cifuentes C.
Técnicos SENA- PCAP/ASTIN

1. INTRODUCCION

Los procesos de conformado por expansión, contracción y por rodillos son muy adecuados para componentes cilíndricos y tubulares.

La expansión y contracción son a menudo los métodos más económicos de formado y/o calibrado de una gran gama de piezas. Se utiliza para incrementar o reducir la circunferencia de una componente, localmente o en toda su longitud. Con la Conformación Rotativa o por Rodillos se producen perfiles o contornos en la sección de una pieza cilíndrica.

Algunos ejemplos de aplicaciones típicas se muestran en las figuras 1, 2 y 3.

2. PROPIEDADES FISICAS DEL MATERIAL A CONFORMAR

Hay que considerar las propiedades físicas de los materiales sometidos a expansión, contracción y conformación por rodillos, así como por sus cambios a lo largo de estos procesos de conformación. La propiedad física más importante a considerar es la ductilidad. Para evitar pérdidas de material es conveniente limitar la elongación en la expansión a un 60 u 80% de los límites convencionales. La elongación debe ser del 10 al 50% del radio mínimo de las curvas del material, ya que las deformaciones se dan a lo largo de dos ejes simultáneamente.

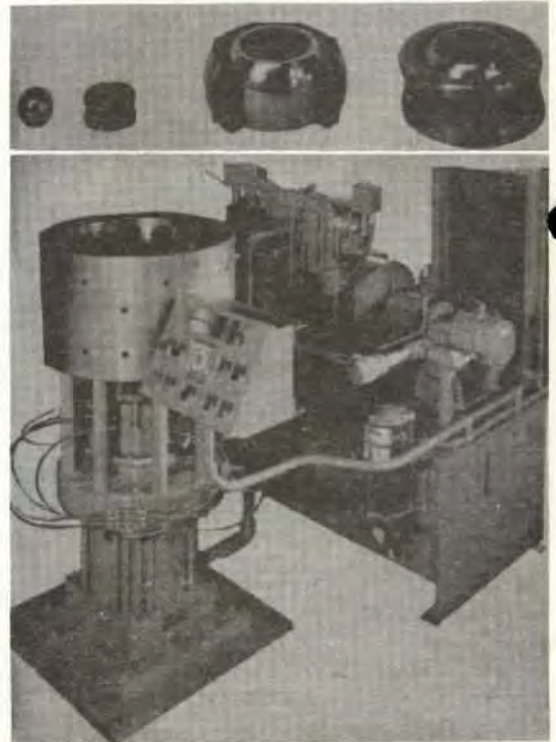


figura 2: Conformado por contracción de cojinetes esféricos para el montaje de los arcos de rodamiento.

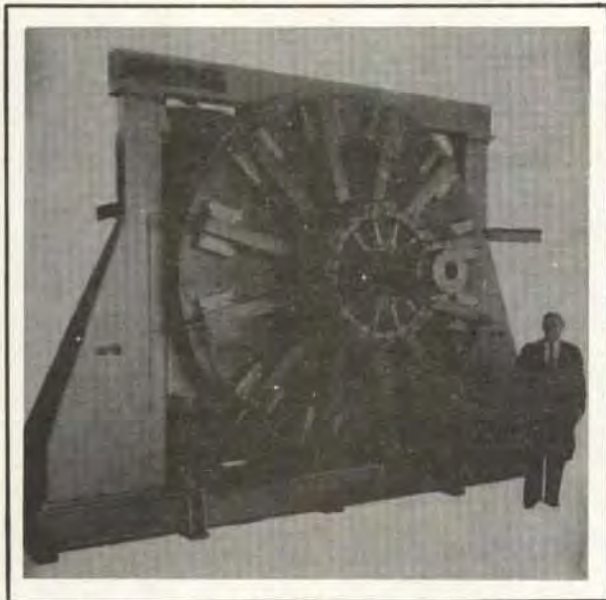


figura 1: Gran expandidora hidráulica para el formado de extremos de tubos, con capacidad de 600 a 300 mm.



figura 3: Complejo expandidor de tubos, para expandir y calibrar tubos, completado con transferencia automática de piezas.

En la figura 4, vemos una curva esfuerzo-deformación donde se observa el máximo de la ductilidad. Otra propiedad importante es la carga de deformación permanente del componente durante la conformación. También se observa en la figura 4 algunas aplicaciones de la expansión y de la contracción que sirven precisamente para aumentar la resistencia del material. En muchos casos esta resistencia puede ser medida y controlada.

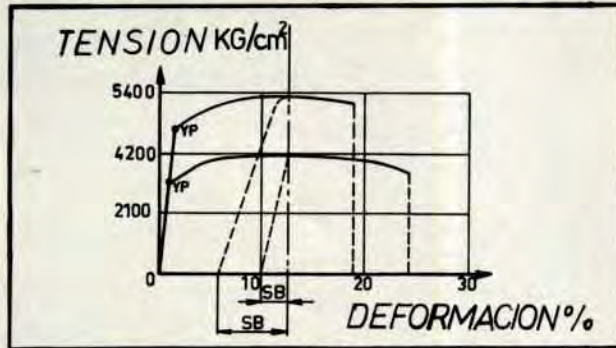


figura 4: Diagrama tensión-deformación.

Una propiedad del material que es muy importante en relación con la precisión en la mayoría de las operaciones de conformado de metales, es la tendencia a recuperar la forma anterior, más comunmente conocido como **recuperación elástica** de la pieza.

En las formas relativamente simples tales como anillos y piezas cilíndricas y cónicas, la recuperación elástica puede ser prevista con bastante precisión, pudiéndose prever la compensación adecuada en el diseño y en los útiles de expansión o contracción. La recuperación elástica de cualquier material está en relación directa con las dimensiones de la pieza, con la máxima carga de deformación presente en el material, y con el módulo de elasticidad. Para formas simples, puede utilizarse la siguiente fórmula:

$$R = D \times \frac{Y}{E}$$

Donde:

R = Recuperación elástica
 D = Diámetro de la pieza
 Y = Máxima carga de deformación presente.
 E = Módulo de elasticidad

La expansión como la contracción sirven para reducir la longitud de la pieza en bruto donde la reducción natural por desarrollo del perfil no está limitada, el área superficial de la pieza formada será aproximadamente igual a la de la pieza en bruto. Cuando se expansionan o contraen piezas tubulares, la fricción entre la pieza y las matrices resiste a la reducción natural, y

reduce el cambio de longitud aproximadamente en la mitad de lo normal.

Las piezas formadas mediante expansión o contracción quedan con un muy alto grado de estabilidad en tamaño y forma cuando se efectúan subsiguientes operaciones de mecanizado. La estabilidad es consecuencia de la condición de relativa falta de tensiones lograda en toda la pieza después de la libre recuperación elástica tras la gran uniformidad de tensión desarrollada durante el conformado. La condición de falta de tensión de las piezas formadas por expansión permite así mismo la producción de formas rectangulares y cuadradas con una alta precisión.

3. CONFORMADO POR EXPANSION

El sistema de expansión más ampliamente utilizado es el "mecánico", porque la fuerza de conformación se aplica a la pieza por medio de rígidos segmentos de matrices radialmente posicionadas, que se mueven radialmente desde el centro común hacia afuera y con ritmo uniforme.

Los principios típicos de expansión se muestran con la figura 5.

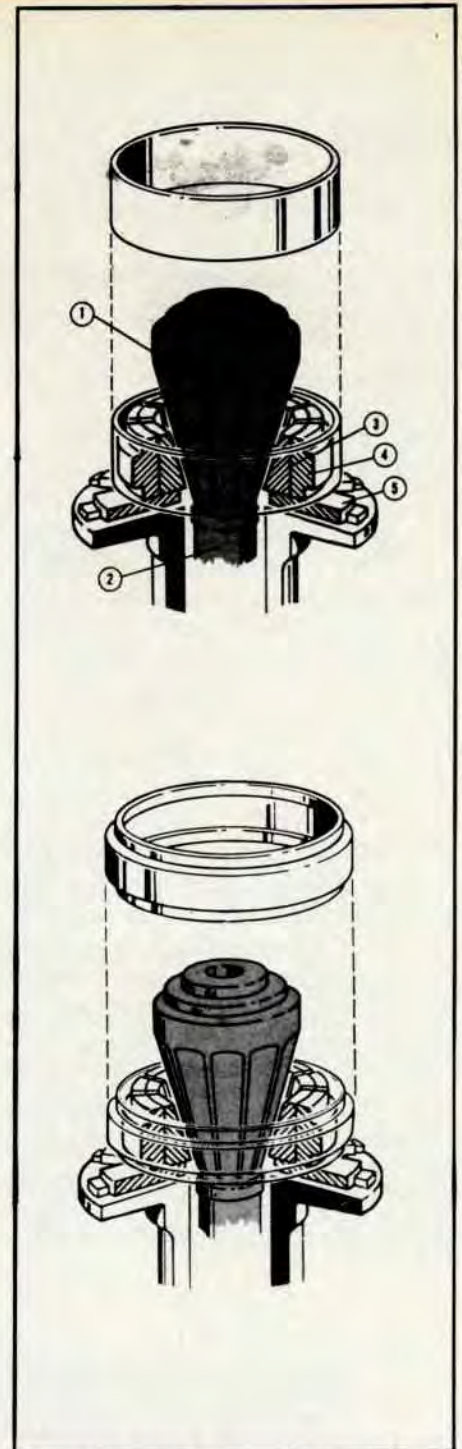


Figura 5: Funcionamiento básico del sistema expansor en tres fases:

Superior - Colocación de la pieza
 Medio - Descenso del cono y expansión
 Inferior - Retracción del cono

- 1- Cono
- 2- Barra de tracción
- 3- Mordazas de expansión
- 4- Troqueles para conformar
- 5- Mesa de apoyo
- 6- Transmisión de la fuerza

Las partes principales incluyen un juego de garras radialmente localizadas alrededor de un cono o polígono cónico móvil. Al tirar del cono, las garras son forzadas radialmente hacia afuera con lo que se forma la pieza. Las garras móviles van dispuestas con medios adecuados para el montaje de segmentos de matrices intercambiables, y van sustentadas las guiadas en una mesa circular con ranuras de localización, regletas retenedoras y resortes (o cilindros hidráulicos/neumáticos) para retroceso de las garras. El cono es accionado por cilindro hidráulico o mecanismo de excéntrica.

La capacidad de una expandidora está relacionada con la sección transversal y la máxima carga de deformación permanente de la pieza a ser expandida. La capacidad no está relacionada con el diámetro de la pieza o la forma de la pieza en su sección transversal, con la excepción de cierta limitación del máximo espesor de pared permisible.

Una variante es la expandidora con el cono y garras con un ángulo invertido. Las garras se mueven hacia afuera cuando el cono es empujado, en vez de tirado hacia la zona de las garras. Este tipo de diseño tiene un valor especial para piezas cónicas grandes o piezas curvadas.

Otra versión de diseño standar de expandidora es la máquina de doble extremo. Este tipo de máquinas es especialmente interesante para la fabricación de aros de ruedas con profundos entrantes.

Este tipo de máquina utiliza dos mesas expansoras en vez de una y juegos de garras que se separan en una posición media para mayor facilidad de carga/descarga de la pieza. Este diseño de doble extremo minimiza el recorrido radial de las garras requerido para amarrar o desamarrar el utillaje de la expandidora para secciones con canales profundos. Un tipo de expansión mecánica ha sido llevado a cabo en prensas conformadoras convencionales empleando útiles especiales para el abocado de piezas cilíndricas. Sin embargo, este procedimiento tiene un cierto número de limitaciones y no se considera económico. El espacio de suelo ocupado, inversión total, cambio de útiles y limitaciones en las dimensiones de la pieza por causa de los tamaños de estas, juntamente con el desgaste del utillaje, hacen que sea obvio el efectuar el uso limitado de este tipo de operación.



Figura 6: Cáscaras de motores eléctricos.



Figura 7: Expansor de tipo de empuje.

3.1 EJEMPLOS DE EXPANSION

En la figura 6, se ven diferentes carcasas de motores eléctricos. La velocidad de trabajo es de 600 unidades por hora, con una exactitud de $+0,025$ mm.

En la figura 7 se ve un expansor con utillaje intercambiable según el tipo de componente. En unos 20 segundos la pieza adquiere un perfil aerodinámico en toda su longitud (1,37 m.)

En la figura 8, vemos un ejemplo de expansión incremental con componentes tubulares. Se consigue incrementar el límite de elasticidad del material y mejorar el acabado. Este tipo de instalación puede producir milla y media de conducción tubular cada 8 horas.

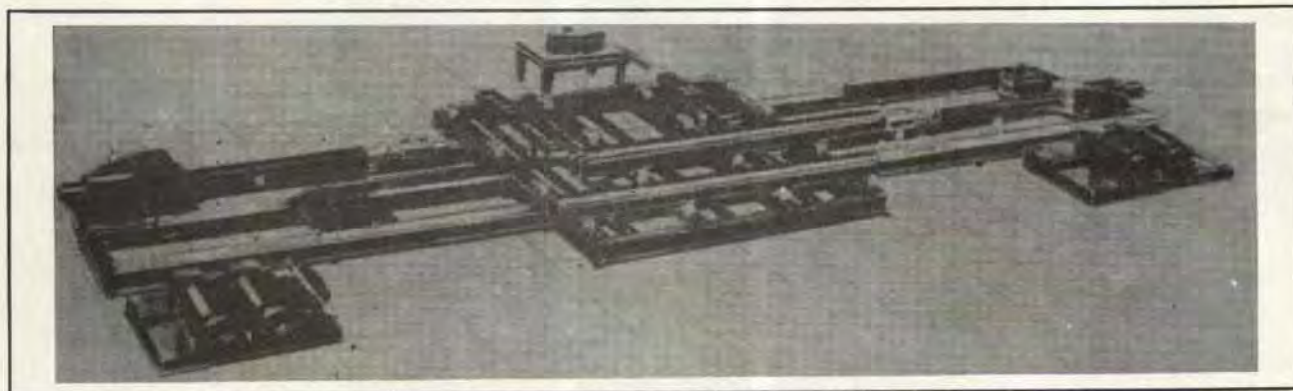


Figura 8: Instalación de expansores para conducciones de gas y de petróleo.

4. CONFORMADO POR CONTRACCION

El conformado por contracción es el proceso inverso de la expansión. La pieza es conformada o calibrada sobrepasando el límite de elasticidad en compresión en vez de en tensión.

Los elementos clásicos de una máquina de conformado por contracción constan esencialmente de un anillo presionador exterior y una serie de cuñas, que sirven para forzar radialmente a un juego de garras según un ritmo uniforme hacia un centro común cuando el anillo presionador y las cuñas se mueven axialmente hacia abajo (figura 9).

En máquinas pequeñas se emplea solo un cilindro hidráulico para el movimiento axial del anillo presionador y de la mesa.

El diseño patentado "circumpress" es el que mejor se adapta para grandes diámetros. Este diseño emplea un grupo de cilindros igualmente espaciados en un círculo y una máquina de sección de centro abierto en ambos extremos de la conformadora por contracción.

Todo ello facilita la incorporación de equipos de carga/descarga o elevación de piezas. El diseño circumpress permite así mismo la contracción incremental de piezas de longitud continua.

En algunas aplicaciones es necesario conseguir diámetros interiores muy precisos. Un **mandril interior** puede actuar como límite mecánico al movimiento de la máquina de contracción, compensando las variaciones del espesor de la pared del componente. El mandril interior tiene también otras aplicaciones.

4.1 EJEMPLOS DE CONTRACCION

La máquina Circumpress de la figura 10 se utilizan para la contracción de llantas de ruedas. Las piezas son de hasta 1.8 m. de diámetro con secciones de hasta 7.741 milímetros cuadrados.

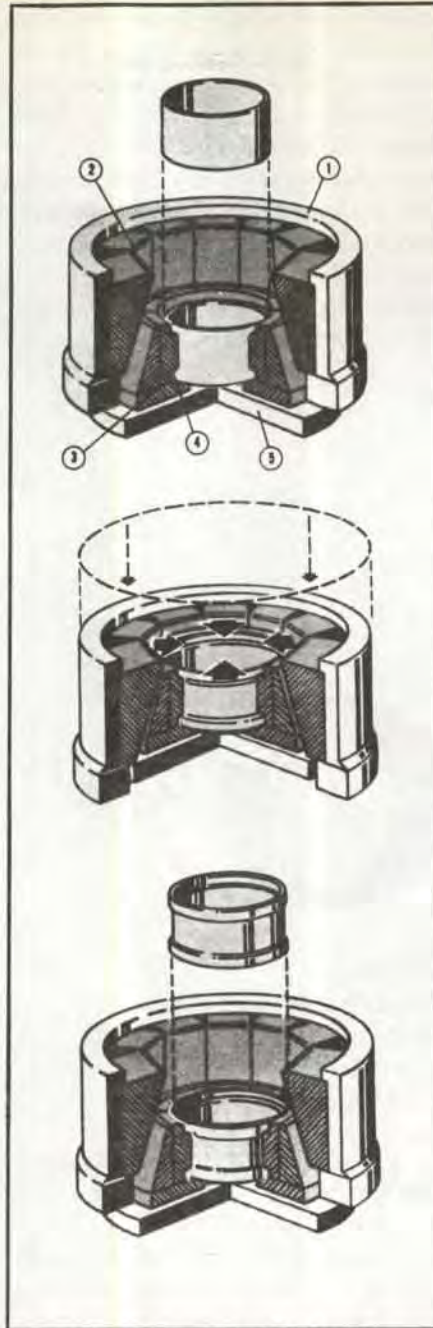


Figura 9: Funcionamiento básico del conformado por contracción en tres fases:

- Superior - colocación de la pieza.
- Media - contracción
- Inferior - retracción del anillo de presión
- 1-anillo de presión
- 2-cuñas internas
- 3-mordazas contractoras
- 4-troqueles para conformar
- 5-mesa de apoyo
- 6-transmisión de la fuerza

Una máquina de contracción movida por un solo cilindro se muestra en la figura 11, con algunos de los componentes conformados. El margen de tamaños de componentes es de 152 a 19mm. de diámetro.

La máquina ilustrada en la figura 12 se utiliza para conformar acoplamientos de tuberías. Los tamaños van de 12 a 50mm. de diámetro y de 50 a 200 mm. de longitud.

Componentes de diferentes tamaños se pueden conformar en la misma máquina, gracias a la intercambiabilidad de matrices y mandriles. Con esta máquina un solo operador puede conformar 700 componentes en una hora.

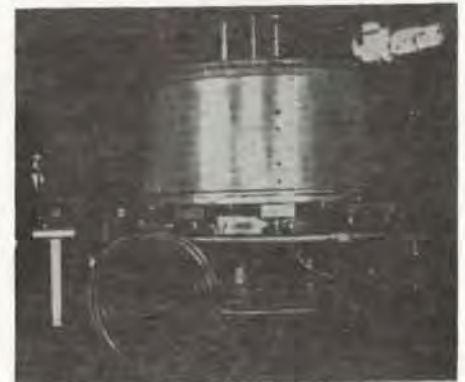


Figura 10: Diseño "Circumpress".



Figura 11: Máquina de contracción movida por un solo cilindro.



Figura 12: Máquina para conformar acoplamientos de tuberías.

CONFORMACION ROTATIVA POR RODILLOS

La conformación rotativa por rodillos puede, como la conformación lineal, producir gran velocidad de perfiles y secciones. Sin embargo con el método rotativo la deformación del material es más compleja. No se han podido desarrollar métodos de análisis exactos por la complejidad del sistema de fuerzas presentes. A pesar de todo la experiencia acumulada es considerable.

La conformación rotativa se realiza guiando las piezas cilíndricas entre un par de rodillos. Los rodillos son movidos a una velocidad controlada. En la figura 13 se muestra un ejemplo.

Los principales elementos incluyen los rodillos superiores e inferiores montados sobre ejes en voladizo. El componente se aguanta en el eje inferior que puede juntarse o separarse verticalmente del superior. Es necesario facilitar la carga y descarga del componente, lo que se consigue con la disposición de la figura. También el cambio de utillaje se facilita con esta disposición.

Una distribución de doble apoyo utiliza un eje superior soportado en ambos extremos.

La herramienta inferior puede ser de una pieza, aguantada en un cojinete por un extremo e insertada en un segundo cojinete al introducirse en el componente. Otro diseño utiliza una herramienta de 2 piezas en voladizo que se introduce en el componente por ambos lados. La distribución de doble apoyo presenta más dificultad para el cambio de herramientas y para la carga automática, pero es necesaria para algunas aplicaciones.

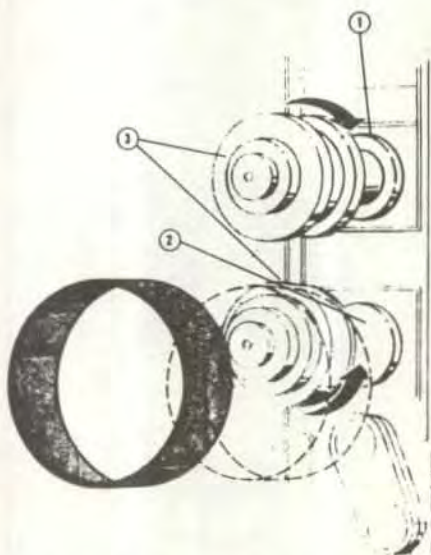


Figura 13: Conformador rotativo:

- 1-eje superior fijo
- 2-eje inferior móvil
- 3-rodillos para conformar

5.1 EJEMPLOS DE CONFORMACION POR RODILLOS

Los ejemplos se muestran en las figuras 14 y 15. En la figura 14 se ven varias llantas de bicicleta. La del centro se realiza con dos operaciones de conformado. La de la izquierda requiere dos operaciones de conformado iniciales, otra en prensa y dos de conformado finales. La de la derecha es de 2 piezas. La interior se realiza en un conformador lineal de rodillos. La exterior requiere dos operaciones en el conformado rotativo.

Los componentes de la figura 15, ilustran un ejemplo de combinación de la expansión y la conformación rotativa para la fabricación de llantas para automóviles o camiones ligeros. Las 3 piezas de la derecha muestran el perfil acabado en 3

operaciones de conformación rotativa.

La figura 16, muestra una máquina utilizada para la conformación rotativa. La configuración de los ejes es opuesta a la de la figura 13. El eje móvil se coloca encima del eje fijo para impedir el movimiento vertical del componente.

Otro ejemplo es el de los acoplamientos de tuberías que se muestran en la figura 17.



Figura 14: Llantas de bicicletas.

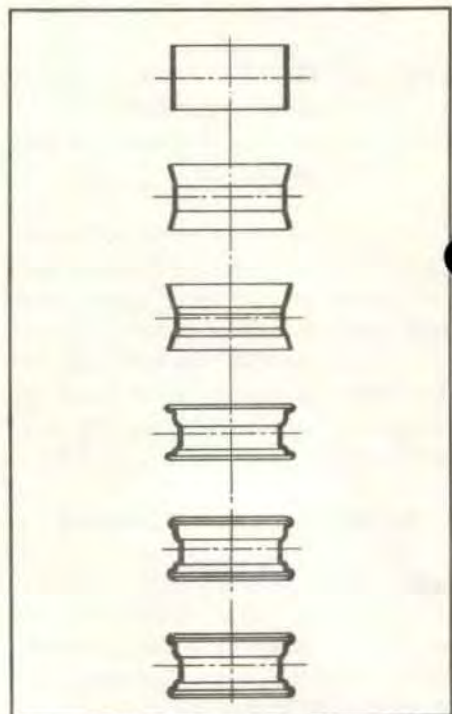


Figura 15: Ejemplo de combinación de la expansión y conformación rotativa para la fabricación de llantas para automóviles o camiones ligeros.

6. CONCLUSIONES

La expansión, contracción y conformación rotativa por rodillos ofrecen en muchas aplicaciones enormes ventajas en la calidad, ahorro del tiempo, material y mano de obra. Hay que tener en cuenta tres factores en todas las aplicaciones:

1. El conocimiento y comprensión de los principios de funcionamiento de estas técnicas deben aplicarse al diseño del producto para llegar a conseguir todas las ventajas que ofrecen en la fabricación de componentes metálicos.
2. Se reducen los costos de producción con respecto a otros métodos alternativos.
3. La calidad y fiabilidad del producto mejora enormemente al aumentar la resistencia y la exactitud en las dimensiones.



Figura 16: Máquina utilizada para la conformación rotativa

BIBLIOGRAFIA

- POLLS, de A. Fontijne B.V.
Conformación de Metales por Expansión, Contracción y por Medio de Rodillos. DEFORMACION METALICA, Barcelona No.14 (Noviembre 1977).
- GROTNES FONTIJNE
Sistemas de Conformado de Metales por Expansión y Contracción. DEFORMACION METALICA, Barcelona No. 15 (Diciembre 1977 - Enero 1978)



Figura 17: Acoplamiento de tuberías.

EQUIPOS DE LABORATORIO DEL PCAP-ASTIN PARA PRESTACION DE SERVICIOS TECNOLOGICOS

ESPECTROFOTOMETRO DE EMISION ATOMICA THERMOHARREL ASH ATOMCOMP 181, con capacidad de analizar 38 elementos entre rangos altos y bajos con manejo de información totalmente computarizada, mediante fibra óptica que aísla ruidos parásitos completamente, dando garantía en las composiciones químicas de las muestras sólidas analizadas.

LABORATORIO DE ANALISIS METALOGRAFICOS

- Cortadora o sierra de corte.
- Prensa hidráulica para el montaje de muestras de difícil manipulación hasta 6000 PSI.
- Máquinas para el lijado y abrillantado espejo.
- Limpiador ultrasónico para decapado y desengrase.
- Microscopio Olympus con cámara de video y monitor para escoger las coordenadas apropiadas a estudiar hasta 500 aumentos, estudios de matrices etc.

- Durómetro Albert Automático Universal para sistemas rockwell y super rockwell, brinell y vickers; cargas de prueba 13, 10, 15, 30, 45, 60, 625, 100, 150, 187, 5 y 250 kb indentadores punta de diamante de 120 grados, bola de 1/16 de pulgadas, bola de 5mm y de 130 grados. Capacidad: 200mm. Máxima altura: 260mm.

- Microdurómetro ZWICK
 - Area de la masa: 300x230mm.
 - Capacidad de altura: 0-300mm.
 - Proyección: 135mm.
 - Agujero para el indentador: 6,35mm.
 - Carga de ensayo: 1,96- 2,94- 4,9- 9,8- 19,6- 29,4- 49,8- 98 newtons
 - Velocidad de penetración: 0- 10 mm/seg.
 - Sistema de medición óptica: Microscopio con campo de brillo e iluminación. Mediciones en Vickers y Knoop.

MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS Shimadzu hasta 50.000 Kg. (tracción y compresión) con graficaciones por dataletty al milimetro