

# Problemas Capítulo IV

## Sección 4.2.1 Diseño de uniones

- 4.1. Prepare diagramas que muestren cómo se prepararían y alinearían los bordes de partes uno con otro y también muestre la sección transversal de soldadura para los siguientes procesos: a) soldadura cuadrada con surco, de ambos lados, para una soldadura empalmada; b) soldadura con filete único para una unión superpuesta; c) soldadura con surco en V único para una unión de esquina; d) soldadura de filete único para una unión en T, y e) soldadura con surco en U doble para una soldadura empalmada,

## Sección 4.2.2 Densidad de energía

- 4.2. Una fuente de calor para soldadura es capaz de transferir 2650 W a la superficie de una parte de metal. El área calentada es aproximadamente circular y la intensidad calorífica disminuye conforme aumenta el radio. El 50% de la energía se transfiere dentro de un círculo de diámetro = 2.5 mm y el 75% se transfiere dentro de un círculo concéntrico con un diámetro = 6.5 mm. ¿Cuál es la densidad de energía en: a) el círculo interno con diámetro de 2.5 mm y b) el anillo con diámetro de 6.5 mm que se encuentra alrededor del círculo interno? e) ¿son suficientes estas densidades de energía para fundir el metal?
- 4.3. Una fuente de calor puede transferir 3000 J/seg a una superficie metálica de una parte. El área calentada es circular y la intensidad del calor disminuye conforme aumenta el radio. El 60% del calor se concentra en un área circular que tiene 3 mm de diámetro. ¿Es suficiente la densidad de energía resultante para fundir metales?
- 4.4. Compare la unidad de energía para la fusión de los siguientes metales: a) aluminio, b) carbono acero bajo simple, c) cobre y d) titanio.

- 4.5. Cierta soldadura de surco tiene un área de sección transversal  $A_w = 30 \text{ mm}^2$  y una longitud de 250 mm. a) ¿Qué cantidad de calor (en Joules) se requiere para conseguir la soldadura si el metal que se va a soldar es acero medio carbono? b) ¿Cuánto calor debe generarse en la fuente de soldadura si la eficiencia de transferencia de calor = 0.9 y la eficiencia de fusión = 0.7?
- 4.6. Solucione el problema 4.5, excepto que el metal que se va a soldar sea el aluminio y la eficiencia de fusión correspondiente sea la mitad del valor para el acero.
- 4.7. Una soldadura de filete tiene un área de sección transversal  $A_w = 20.0 \text{ mm}^2$  y una longitud de 200 mm. a) ¿Qué cantidad de calor (en joules) se requiere para conseguir la soldadura si el metal que se va a soldar es acero inoxidable austenítico? b) ¿Cuánto calor debe generarse en la fuente de soldadura si la eficiencia de transferencia de calor = 0.8 y la eficiencia de fusión = 0.6?
- 4.8. Calcule la unidad de energía de fusión para a) el aluminio y b) el acero, como la suma de: 1) el calor requerido para elevar la temperatura del metal desde la temperatura ambiente a su punto de fusión, lo cual es el producto del calor específico volumétrico y el aumento de temperatura; y 2) la fusión de calor, por lo que este valor puede compararse con la unidad de energía de fusión calculada mediante la ecuación (4.2). Use las unidades normales del Sistema Internacional. Encuentre los valores necesarios de las propiedades en estos cálculos ya sea en este texto u en otras referencias. ¿Están los valores lo suficientemente cerca para validar la ecuación (4.2)?

#### Equilibrio de energía en la soldadura

- 4.9. La fuente de energía en una operación de soldadura particular genera 2197 W, lo cual se transfiere a la superficie de trabajo con una eficiencia  $f_1 = 0.8$ . El punto de fusión para el metal que se va a soldar  $\theta_m = 980 \text{ }^\circ\text{C}$  y su eficiencia de fusión  $f_2 = 0.5$ . Se realizará una soldadura de filete continua con un área de sección transversal  $A_w = 25 \text{ mm}^2$ . Determine el nivel de velocidad de viaje en la que puede conseguirse la operación de soldadura.

- 4.10. En cierta operación para hacer una soldadura de filete  $A_w = 16 \text{ mm}^2$  y  $v = 6 \text{ mm/seg}$ . Si  $f_1 = 0.95$ ,  $f_2 = 0.5$  y  $\theta_m = 1100 \text{ }^\circ\text{C}$  para el metal que se va a soldar, determine la velocidad de generación de calor requerida en la fuente de soldadura para realizar el proceso.
- 4.11. La corriente generada en cierta operación de soldadura con arco eléctrico = 3000 W. Esto se transfiere a la superficie de trabajo con una eficiencia de calor de transferencia  $f_1 = 0.9$ . El metal que se va a soldar es cobre, cuyo punto de fusión se proporciona en la tabla 4.2. Suponga que la eficiencia de fusión  $f_2 = 0.25$ . Se realizará una soldadura de filete continua con un área de sección transversal  $15.0 \text{ mm}^2$ . Determine la velocidad de viaje a la cual se llevará a cabo la operación de soldadura.
- 4.12. Solucione el problema 4.11, excepto que el metal que se va a soldar sea acero al alto carbono, el área de sección transversal de la soldadura =  $25.0 \text{ mm}^2$ , y la eficiencia de soldadura  $f_2 = 0.6$ .
- 4.13. En cierta operación para hacer una soldadura con surco,  $A_w = 22.0 \text{ mm}^2$  y  $v = 5 \text{ mm/seg}$ . Si  $f_1 = 0.95$ ,  $f_2 = 0.5$  y  $\theta_m = 1000 \text{ }^\circ\text{C}$  para el material que se va a soldar, determine la velocidad de generación de calor requerida en la fuente de soldadura para realizar esta operación.
- 4.14. Se llevará a cabo una soldadura de puntos usando una operación de soldadura con arco eléctrico. El volumen total de metal "fundido" que forma la soldadura =  $80 \text{ mm}^3$  y la operación requiere que el arco eléctrico sea para 4 seg. Si  $f_1 = 0.85$ ,  $f_2 = 0.5$  y el metal que se va a soldar es aluminio, determine la razón de generación de calor que se requiere en la fuente para efectuar esta soldadura.
- 4.15. Se aplicará una soldadura de superficie a una placa de acero bajo carbono de  $200 \times 350 \text{ mm}$ . El metal que se aplicará es de un grado de acero más duro (una aleación), cuyo punto de fusión se supone es el mismo. Se añadirá un espesor de  $2.0 \text{ mm}$  a la placa, pero con la penetración en el metal base, el espesor total fusionado durante la soldadura =  $6.0 \text{ mm}$ , en promedio. Se aplicará a la superficie

haciendo una serie de gotas de soldadura paralelas sobrepuestas que corren a lo largo de la placa. La operación se realizará en forma automática con las gotas dispersas en una operación continua grande a una velocidad de viaje  $v = 7.0$  mm/seg, usando pases de soldadura separados por 5 mm ignore las complicaciones menores de los cambios de dirección en los extremos de la placa. Suponiendo una eficiencia de transferencia de calor = 0.8 y una eficiencia de fusión = 0.6, determine: a) la razón de calor que debe generarse en la fuente de soldadura y b) cuánto tiempo se requerirá para terminar la operación de superficie.

#### Sección 4.3.1 Soldadura con arco eléctrico

4.16. Una operación de SMAW se realiza en una sección de trabajo usando un ajustador y un soldador. El ajustador ocupa 330 seg para colocar sus componentes sin soldar en el soporte para soldadura al inicio del ciclo de trabajo, y 150 seg para descargar la soldadura terminada al final del ciclo. La longitud total de los engargolados de soldadura que se van a hacer es de 1.9 m, y la velocidad de viaje que usa el soldador tiene un promedio de 6 mm/seg. Cada 760 mm de longitud de soldadura, debe cambiarse la varilla de soldadura, lo cual ocupa 90 seg. Mientras el ajustador está trabajando, el soldador descansa; y mientras el soldador trabaja, el ajustador está inactivo. a) Determine el tiempo de arco eléctrico promedio en este ciclo de soldadura, b) ¿Cuánto mejoramiento se produciría en el tiempo de arco eléctrico si el soldador usara FCAW (operada en forma manual)? El devanador de alambre para soldadura con núcleo de fundente debe cambiarse cada 5 operaciones, y esta actividad ocupa 420 seg. c) ¿Cuáles son las velocidades de producción para estos dos casos (soldaduras terminadas por hora)?

4.17. En el problema 7.18, suponga que se instalará una unidad con robot industrial para sustituir al soldador, La unidad consistiría en el robot (usando GMAW en lugar de SMAW o FCAW soldadura con núcleo de fundente), dos soportes para soldadura y el ajustador que carga y descarga las partes. Con dos soportes, el ajustador y el robot trabajan simultáneamente, el robot suelda en un soporte mientras el ajustador descarga y carga el otro. Al final de cada ciclo de trabajo,

cambian lugares. El devanador de alambre de electrodo debe cambiarse cada cinco partes de trabajo, labor que requiere 420 seg y que realiza el ajustador. Determine: a) el tiempo de arco y b) la velocidad de producción para esta unidad de trabajo.

- 4.18. Una operación de soldadura con arco protegido se ejecuta sobre acero. Sus parámetros son  $E = 30 \text{ V}$  e  $I = 225 \text{ A}$ . La eficiencia de transferencia de calor  $f_1 = 0.85$  y la eficiencia de fusión  $f_2 = 0.75$ . La unidad de energía de fusión para el acero =  $9.85 \text{ J/mm}^3$ . Obtenga: a) la rapidez de generación de calor en la soldadura y b) la rapidez de volumen  $M$  metal soldado.
- 4.19. Una operación de soldadura de tungsteno con arco eléctrico y gas se ejecuta sobre acero inoxidable, cuya unidad de energía de fusión  $U_m = 9.3 \text{ J/mm}^3$ . Las condiciones son  $E = 25 \text{ V}$ ,  $I = 125 \text{ A}$ ,  $f_1 = 0.65$ , y  $f_2 = 0.70$ . Se añade un alambre de metal de aporte de 3.0 mm de diámetro a la operación y la gota de soldadura final está compuesta de volúmenes iguales de metales de relleno y base. Si la velocidad de viaje en la operación  $v = 5 \text{ mm/seg}$ , determine: a) el área de sección transversal de la gota de soldadura y b) la velocidad de alimentación en mm/seg a la que debe incorporarse el alambre de aporte.
- 4.20. Se ejecuta una operación de soldadura con núcleo de fundente para empalmar dos placas de aluminio usando las condiciones siguientes:  $E = 20 \text{ V}$ ,  $I = 250 \text{ A}$ . Se supone que el área de sección transversal del engargolado de soldadura =  $80 \text{ mm}^2$  y la eficiencia de fusión del aluminio  $f_2 = 0.5$ . Usando los datos tabulares y las ecuaciones proporcionadas en este capítulo y el anterior, determine el valor probable para la velocidad de viaje  $v$  en la operación.
- 4.21. Se ejecuta una operación de soldadura metálica con arco eléctrico y gas para determinar el valor de la eficiencia de fusión  $f_2$  en un metal y una operación determinados. Las condiciones para soldadura son  $E = 25 \text{ V}$  e  $I = 125 \text{ A}$ , y se supone que la eficiencia de transferencia de calor  $f_1 = 0.90$ , un valor común para la GMAW. La velocidad a la que se añade el metal de relleno a la soldadura es de  $130 \text{ mm}^3/\text{seg}$ , y las medidas indican que las gotas de soldadura finales consisten

en 57% de metal de relleno y 43% de metal base. Se sabe que la unidad de energía de fusión para el metal es de  $4.83 \text{ J/mm}^3$ . a) Encuentre  $f_2$ . b) ¿Cuál es la velocidad de viaje si el área de sección transversal de la gota de soldadura =  $325 \text{ mm}^2$  ?

4.22. Se realizará una soldadura continua alrededor de la circunferencia de un tubo de acero redondo de diámetro = 1.8 m, usando una operación de soldadura con arco sumergido bajo control automático a un voltaje de 25 V y una corriente de 300 A. Se hace rotar el tubo suavemente bajo una cabeza para soldadura estacionaria. La eficiencia de transferencia de calor para la operación es,  $f_1 = 0.95$  y se supone una eficiencia de fusión  $f_2 = 0.7$ . El área de sección transversal de la gota de soldadura es  $77 \text{ mm}^2$ . Si la unidad de energía de fusión para el acero =  $9.66 \text{ J/mm}^3$ , determine: a) la velocidad de rotación del tubo y b) el tiempo requerido para completar la soldadura.

#### Sección 4.3.2 Soldadura por resistencia

4.23. Se ejecuta una operación de soldadura de puntos por resistencia sobre dos piezas de lámina de acero de 1 mm de grosor (de bajo carbono). La unidad de energía de fusión para el acero =  $9.66 \text{ J/mm}^3$ , Los parámetros del proceso producen una pepita de soldadura con un diámetro = 5 mm y un grosor = 1.5 mm. Suponga que la resistencia =  $100 \mu\Omega$  Determine: a) la densidad de energía promedio en el área de interfase definida mediante la pepita para soldadura, y b) la proporción de energía generada que se aplicó a la formación de la pepita de soldadura.

4.24. Se usa una operación de RSW para hacer una serie de soldaduras de puntos entre dos piezas de aluminio, cada una con un espesor de 2.0 mm. La unidad de energía de fusión para el aluminio  $U_m = 2.90 \text{ J/mm}^3$ . La corriente de soldadura  $I = 6000 \text{ A}$  y una duración = 0.15 seg. Suponga que la resistencia =  $75 \mu\Omega$ . La pepita de soldadura resultante mide 5,0 mm de diámetro por 2.5 mm de espesor. ¿Cuánto de la energía total generada se usó para formar la pepita de soldadura?

- 4.25. La unidad de energía de fusión para cierta lámina metálica que se va a soldar con puntos es  $U_m = 10.0 \text{ J/mm}^3$ . El espesor de cada una de las láminas que se van a soldar es de 3.0 mm. Para obtener la resistencia requerida, se pretende formar una pepita de soldadura con un diámetro de 6.0 mm y un espesor de 4.5 mm. La duración de la soldadura se establecerá en 0.2 seg, Si se supone que la resistencia eléctrica entre las superficies es  $125 \mu\Omega$  y que sólo un tercio de la energía eléctrica generada se usará para formar la pepita de soldadura (y el resto se disipará dentro del trabajo), determine el nivel de corriente mínimo, requerido para esta operación.
- 4.26. Se ejecuta una operación de soldadura engargolada por resistencia sobre dos piezas de acero inoxidable austenítico de 2.4 mm de grosor para fabricar un recipiente. La corriente de soldadura en la operación es 10000 A, la duración de la soldadura  $t = 0.3$  seg, y la resistencia en la interfase es  $75 \mu\Omega$ . Se usa soldadura de movimiento continuo, con ruedas de electrodo de 200 mm de diámetro. Las pepitas de soldadura individuales formadas en esta operación de RSEW tienen un diámetro = 6.35 mm y un grosor = 3 mm (suponga que las pepitas de soldadura tienen forma de discos). Estas pepitas de soldadura deben estar contiguas para formar un engargolado sellado. La unidad de energía que conduce el proceso requiere un tiempo de descanso entre soldaduras de puntos de 1.0 seg. Dadas estas condiciones, determine: a) la unidad de energía de fusión de acero inoxidable usando los métodos ya conocidos, b) la proporción de energía generada que participa en la formación de cada pepita de soldadura y c) la velocidad de rotación de las ruedas del electrodo.
- 4.27. Suponga que en el problema 4.26 se ejecuta una operación de soldadura de puntos en rodillo en lugar de una soldadura engargolada. Las resistencias de interfase aumentan a  $100 \mu\Omega$  y la separación de centro a centro entre las pepitas de soldadura es 25 mm. Dadas las condiciones del problema 4.26, y con los cambios señalados aquí, determine: a) la proporción de energía generada que participa en la formación de cada pepita de soldadura y b) la velocidad de rotación de las ruedas de electrodos. e) A esta mayor velocidad de rotación, ¿cuánto se

mueve la rueda durante la corriente a tiempo y podría esto tener, el efecto de alargar la pepita de soldadura (haciéndola elíptica en lugar de redonda)?

- 4.28. Se diseña una fuente de energía experimental para soldadura de puntos que ofrece una corriente como una función de elevación de tiempo:  $I = 100000 t$ , en donde  $I = A$  y  $t = \text{seg}$ . Al final de la energía a tiempo, se detiene abruptamente la corriente. La lámina de metal que se suelda con puntos es de acero bajo carbono cuya unidad de energía de fusión =  $10 \text{ J/mm}^3$ . La resistencia  $R = 85 \mu\Omega$ . La pepita de soldadura deseada tiene un diámetro =  $4 \text{ mm}$  y un grosor de =  $2 \text{ mm}$  (suponga una pepita en forma de disco). Se supone que se usará un cuarto de la energía generada por la fuente para formar la pepita de soldadura. Determine la potencia justo en el tiempo en que debe aplicarse la corriente para realizar esta operación de soldadura de puntos.