

ÇALIŞMA SORULARI

BÖLÜM 27 – KAYNAĞIN TEMEL PRENSİPLERİ

Örnek Problem 1. Bir ısı kaynağından bir metal parçanın yüzeyine 3000 W'lık bir güç aktarılmaktadır. Isı yüzeyde dairesel bir alana etki etmekte ve yoğunluğu daire içerisinde değişmektedir. Bu daire içerisinde ısı dağılımı şöyledir: gücün %70'i, 5 mm çapında bir daire içerisinde, %90'ı ise 12 mm çapındaki bir önceki daire ile eş merkezli başka bir daire içerisinde metale aktarılmaktadır. Şunları hesaplayınız: (a) 5 mm çapındaki iç dairede güç yoğunluğunun ne olduğunu ve (b) iç dairenin etrafını saran 12 mm dış çapına sahip daire halkasındaki ısı yoğunluğunu.

(a) İç dairenin alanı, $A = \frac{\pi 5^2}{4} = 19,63 \text{ mm}^2$ 'dir.

Bu alana aktarılan güç, $P = 0,7 \times 3000 = 2100 \text{ W}$ 'tır.

Böylece, bu dairedeki güç yoğunluğu, $PD = \frac{2100}{19,63} = 107 \text{ W/mm}^2$

(b) İç dairenin dışındaki daire halkasının alanı, $A = \frac{\pi(12^2 - 5^2)}{4} = 93,4 \text{ mm}^2$ 'dir.

Bu alana aktarılan güç, $P = 0,9 \times (3000) - 2100 = 600 \text{ W}$ 'tır.

Dolayısıyla, bu daire halkasındaki güç yoğunluğu, $PD = \frac{600}{93,4} = 6,4 \text{ W/mm}^2$

Sonuç: Güç yoğunluğunun iç daire içerisinde erime için yeterli, ancak iç daire etrafını saran daire halkasında muhtemelen yetersiz olduğu sonucuna ulaşılır.

Örnek Problem 2. Bir kaynak düzeneğindeki güç kaynağı, ısı transferi faktörü 0,7 olan bir parça yüzeyine aktarılacak üzere 3500 W'lık bir enerji üretmektedir. Kaynak edilecek metal, erime derecesi 1760 K olan düşük karbonlu çeliktir. Kaynak işlemindeki eritme faktörü 0,5'tir. Kesit alanı 20 mm² olan sürekli bir doldurma kaynağı çekilecektir. Bu kaynak işleminin yapılabileceği ilerleme hızını hesaplayınız.

Metali eritmek için gereken birim enerji $U_m = 3,33 \times (10^{-6}) \times 1760^2 = 10,3 \text{ J/mm}^3$

İlerleme hızı $v = \frac{f_1 f_2 R_H}{U_m A_w} = \frac{0,7 \times 0,5 \times 3500}{10,3 \times 20} = 5,95 \text{ mm/s}$ olarak bulunur.

Problem 27.1 Bir ısı kaynağından parça yüzeyine 3500 J/s'lik enerji aktarılmaktadır. Isıtılan bölge daireseldir ve ısı yoğunluğu yarıçap arttıkça azalmaktadır. Isının %70'i 3,75 mm çapındaki bir dairede yoğunlaştığına göre ısı yoğunluğunun metali eritmek için yeterli olup olmadığını bulunuz.

Alan $A = \pi(3,75)^2/4 = 11,045 \text{ mm}^2$

Güç $P = 0,70(3500) = 2450 \text{ J/s} = 2450 \text{ W}$.

Güç yoğunluğu $PD = 2450 \text{ W}/11,0447^2 = 222 \text{ W/mm}^2$ Isı yoğunluğu metali eritmek için yeterlidir.

Problem 27.2 Bir lazer kaynağı uygulamasında, ısı 0,2 mm çapındaki bir dairede yoğunlaşıyor ise malzemeye aktarılan birim zamandaki ısı miktarı nedir? (Lazer kaynağında ısı yoğunluğu 9000 W/mm²)

$P = PD \times A = 9000 \pi(0,2)^2/4 = 283 \text{ W} = 283 \text{ J/s}$

Problem 27.3 Bir kaynak sistemi bir metal parça yüzeyine 160 KJ/dk enerji aktarma kapasitesine sahiptir. Isıtılan bölge yaklaşık olarak daireseldir ve ısı yoğunluğu yarıçap arttıkça azalmaktadır. Isının %50'si 0,25 cm çapındaki bir dairede ve %75'i de ilk daire ile eş eksenli ve çapı 0,625 cm olan bir dairede yoğunlaştığına göre, şunları hesaplayınız: (a) 0,25 cm çapındaki iç dairedeki güç yoğunluğunu, (b) iç dairenin dışında bulunan 0,625 cm çapındaki daire halkasındaki güç yoğunluğunu ve (c) bu güç yoğunluklarının metali eritmeye yeterli olup olmadığını.

$$(a) \text{ Alan } A = \pi(0,25)^2/4 = 0,05 \text{ cm}^2$$

$$\text{Güç } P = 0,50(160) = 80 \text{ KJ/dk} = 1333,3 \text{ J/s} = 1333,3 \text{ W}$$

$$\text{Güç Yoğunluğu } PD = (1333,3 \text{ W})/0,05 \text{ cm}^2 = \mathbf{26667 \text{ W/cm}^2}$$

$$(b) A = \pi(0,625^2 - 0,25^2)/4 = 0,25 \text{ cm}^2$$

$$\text{Güç } P = (0,75 - 0,50)(160) = 40 \text{ KJ/dk} = 666,6 \text{ J/s} = 666,6 \text{ W}$$

$$\text{Güç Yoğunluğu } PD = (666,6)/0,25 = 2666,7 \text{ W/cm}^2$$

(c) Güç yoğunlukları metali eritmeye yeterlidir.

Problem 27.4 Birim eritme enerjilerini: (a) alüminyum ve (b) sade düşük karbonlu çelik için hesaplayınız.

(a) Tablo 27.2'den alüminyumun ergime sıcaklığı, $T_m = 930 \text{ K}$

$$U_m = 3,33(10^{-6})T_m^2$$

$$U_m = 3,33 \times 10^{-6}(930)^2 = \mathbf{2,88 \text{ J/mm}^3}$$

(a) Tablo 27.2'den düşük karbonlu çeliğin ergime sıcaklığı, $T_m = 1760 \text{ K}$

$$U_m = 3,33(10^{-6})T_m^2$$

$$U_m = 3,33 \times 10^{-6}(1760)^2 = \mathbf{10,32 \text{ J/mm}^3}$$

Problem 27.5 Birim eritme enerjilerini: (a) bakır ve (b) titanyum için hesaplayınız.

(a) Tablo 27.2'den bakırın ergime sıcaklığı, $T_m = 1350 \text{ K}$

$$U_m = 3,33(10^{-6})T_m^2$$

$$U_m = 3,33 \times 10^{-6}(1350)^2 = \mathbf{6,07 \text{ J/mm}^3}$$

(a) Tablo 27.2'den titanyumun ergime sıcaklığı, $T_m = 2070 \text{ K}$

$$U_m = 3,33(10^{-6})T_m^2$$

$$U_m = 3,33 \times 10^{-6}(2070)^2 = \mathbf{14,27 \text{ J/mm}^3}$$

Problem 27.6 Sıcaklığa bağlı olarak birim eritme enerjisinin nasıl değiştiğini hesaplayınız ve daha sonra doğrusal ölçekli bir diyagramda sıcaklık-birim eritme enerjisi ilişkisini bir eğri çizerek gösteriniz. Bu hesaplamalarda; 200, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800 ve 2000 °C sıcaklıklarını kullanınız.

$$\text{Birim eritme enerjisi} = U_m = 3,33(10^{-6})T_m^2$$

$$T_m = \mathbf{200^\circ C} = (200 + 273) = 473^\circ K: U_m = 3,33 \times 10^{-6}(473)^2 = \mathbf{0,75 \text{ J/mm}^3}$$

$$T_m = \mathbf{400^\circ C} = (400 + 273) = 673^\circ K: U_m = 3,33 \times 10^{-6}(673)^2 = \mathbf{1,51 \text{ J/mm}^3}$$

$$T_m = \mathbf{600^\circ C} = (600 + 273) = 873^\circ K: U_m = 3,33 \times 10^{-6}(873)^2 = \mathbf{2,54 \text{ J/mm}^3}$$

$$T_m = \mathbf{800^\circ C} = (800 + 273) = 1073^\circ K: U_m = 3,33 \times 10^{-6}(1073)^2 = \mathbf{3,83 \text{ J/mm}^3}$$

$$T_m = \mathbf{1000^\circ C} = (1000 + 273) = 1273^\circ K: U_m = 3,33 \times 10^{-6}(1273)^2 = \mathbf{5,40 \text{ J/mm}^3}$$

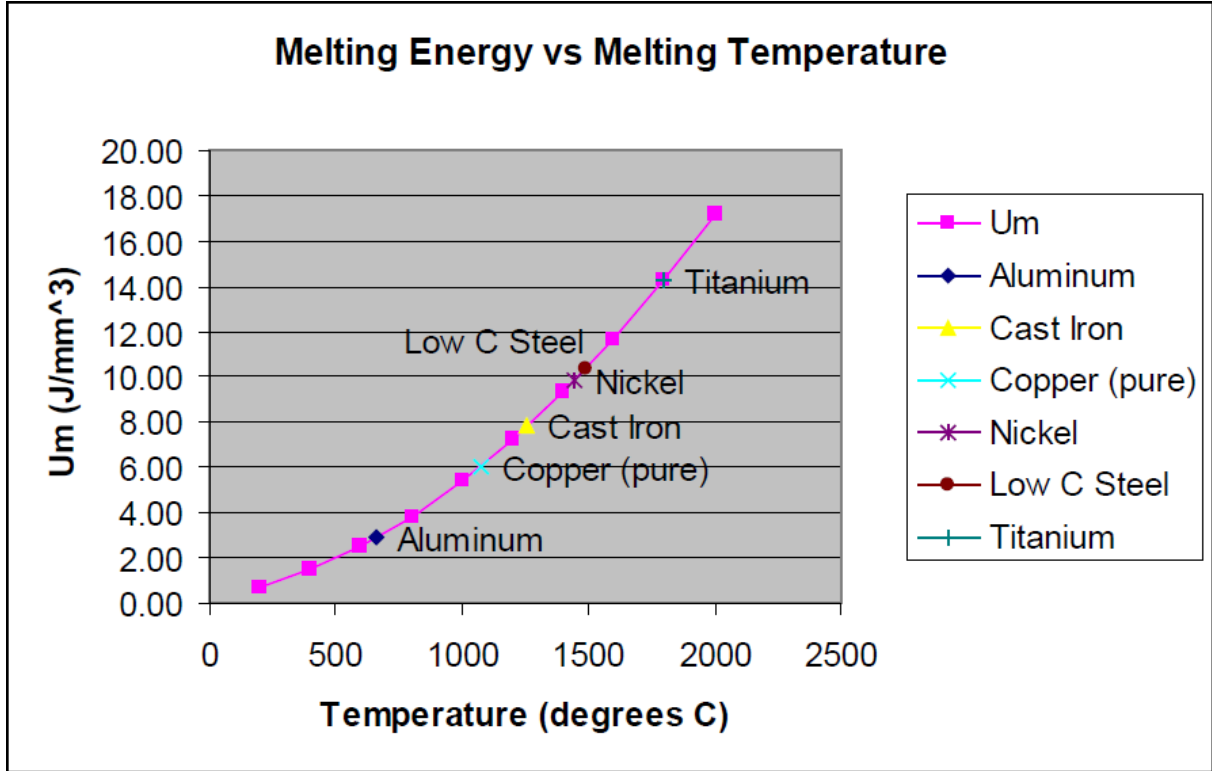
$$T_m = 1200^\circ\text{C} = (1200 + 273) = 1473^\circ\text{K}: U_m = 3.33 \times 10^{-6} (1473)^2 = 7.23 \text{ J/mm}^3$$

$$T_m = 1400^\circ\text{C} = (1400 + 273) = 1673^\circ\text{K}: U_m = 3.33 \times 10^{-6} (1673)^2 = 9.32 \text{ J/mm}^3$$

$$T_m = 1600^\circ\text{C} = (1600 + 273) = 1873^\circ\text{K}: U_m = 3.33 \times 10^{-6} (1873)^2 = 11.68 \text{ J/mm}^3$$

$$T_m = 1800^\circ\text{C} = (1800 + 273) = 2073^\circ\text{K}: U_m = 3.33 \times 10^{-6} (2073)^2 = 14.31 \text{ J/mm}^3$$

$$T_m = 2000^\circ\text{C} = (2000 + 273) = 2273^\circ\text{K}: U_m = 3.33 \times 10^{-6} (2273)^2 = 17.20 \text{ J/mm}^3$$



Problem 27.7 Bir üstteki sorunun aynısı olduğundan çözümedi. (Sadece sıcaklık değerleri farklı)

Problem 27.8 Bir doldurma kaynağının kesit alanı $25,0 \text{ mm}^2$ ve uzunluğu 300 mm 'dir. (a) Kaynak edilecek malzeme düşük karbonlu çelik ise, kaynak işlemini yapmak için gereken ısı miktarı (Joule cinsinden) nedir? (b) Isı transferi faktörü $0,75$ ve eritme faktörü $0,63$ olduğuna göre, ısı kaynağında ne kadar toplam ısı üretilmelidir?

$$(a) U_m = 3.33(10^{-6})T_m^2$$

Tablo 27.2'den, düşük karbonlu çelik için ergime sıcaklığı, $T_m = 1760^\circ \text{K}$

$$U_m = 3,33 \times 10^{-6}(1760)^2 = 10.32 \text{ J/mm}^3$$

$$\text{Doldurma kaynağının hacmi, } V = 25(300) = 7500 \text{ mm}^3$$

$$H_w = U_m V = 10,32(7500) = 77360 \text{ J}$$

$$(b) f_1 = 0,75 \text{ ve } f_2 = 0,63 \text{ değerleri için, üretilen toplam ısı, } H = 77360/(0,75 \times 0,63) = 163700 \text{ J}$$

Problem 27.9 $7,0 \text{ mm}$ kalınlığında iki titanyum levhayı alın altına birleştirmek için U-alın kaynağı yapılacaktır. U-kaynak ağzı, oluk yarıçapı $3,0 \text{ mm}$ olacak şekilde freze ile açılmıştır. Kaynak esnasında, kaynak nüfuziyetinden dolayı parçalar oluk tabanından itibaren $2,5 \text{ mm}$ derinliğe kadar erimektedir. Dolayısıyla, elde edilen kaynağın kesit alanı yaklaşık $4,5 \text{ mm}$ yarıçapında bir yarım daire olmaktadır. Kaynak uzunluğu 200 mm , kaynak düzeneğinin eritme

faktörü 0,57 ve ısı transferi faktörü 0,86'dır. (a) Bu kaynak işlemindeki metal hacmini (esas metal ve dolgu metali) eritmek için gereken ısı miktarı (Joule cinsinden) nedir? Kaynak dikişinin üst yüzeyinin parça yüzeyinden bir miktar dışarı taşıdığını farz ediniz. (b) Isı kaynağında ne kadar toplam ısı üretilmesi gerekmektedir?

(a) Tablo 27.2'den, titanyum için ergime sıcaklığı, $T_m = 2070^\circ\text{K}$

$$U_m = 3,33(10^{-6})(2070)^2 = 14,29 \text{ J/mm}^3$$

$$A_w = \pi r^2/2 = \pi(4,5)^2/2 = 31,8 \text{ mm}^2$$

$$V = A_w L = 31,8(200) = 6360 \text{ mm}^3$$

$$H_w = U_m V = 14,29(6360) = \mathbf{90770 \text{ J}}$$

$$(b) H = H_w/(f_1 f_2) = 90770/(0,86 \times 0,57) = \mathbf{185200 \text{ J}}$$

Problem 27.10 Bir oluklu alım kaynağının kesit alanı $0,28 \text{ cm}^2$ ve uzunluğu 25 cm 'dir. (a) Kaynak edilecek malzeme orta karbonlu çelik ise, kaynak işlemini yapmak için gereken ısı miktarı (Joule cinsinden) nedir? (b) Isı transferi faktörü 0,9 ve eritme faktörü 0,7 olduğuna göre, olduğuna göre, ısı kaynağında ne kadar toplam ısı üretilmelidir?

$$(a) U_m = U_m = 3,33(10^{-6})T_m^2$$

Tablo 27.2'den, orta karbonlu çelik için ergime sıcaklığı, $T_m = 1700^\circ\text{K}$

$$U_m = 3,33(10^{-6})(1700)^2 = \mathbf{9,6 \text{ J/mm}^3}$$

$$\text{Kaynak edilecek metalin hacmi } V = 0,28(25) = 7 \text{ cm}^3 = \mathbf{7000 \text{ mm}^3}$$

$$H_w = 9,6(7000) = \mathbf{67200 \text{ J}}$$

$$(b) f_1 = 0,9, f_2 = 0,7. H = 67200/(0,9 \times 0,7) = \mathbf{106666,6 \text{ J}}$$

Problem 27.11 Bir önceki problemi (Problem 27.10), eritme faktörünü orta karbonlu çeliktekinin yarısı olarak alüminyum için çözünüz.

$$(a) U_m = 3,33(10^{-6})T_m^2$$

Tablo 27.2'den, alüminyum için ergime sıcaklığı, $T_m = 930^\circ\text{K}$

$$U_m = 3,33(10^{-6})(930)^2 = \mathbf{2,88 \text{ J/mm}^3}$$

$$\text{Kaynak edilecek metalin hacmi } V = 0,28(25) = 7 \text{ cm}^3 = \mathbf{7000 \text{ mm}^3}$$

$$H_w = 2,88(7000) = \mathbf{20160 \text{ J}}$$

$$(b) f_1 = 0,9, f_2 = 0,35. H = 20160/(0,9 \times 0,35) = \mathbf{64002,6 \text{ J}}$$

Problem 27.12 Kontrollü bir deneyde, 150 mm uzunluğunda ve kesit alanı 6 mm^2 olan bir kaynak dikişindeki metal hacmini eritmek 3700 J enerji gerekiyor. (a) Tablolardan faydalanarak bu deneydeki metalin ne olduğunu bulunuz. (b) Bir kaynak işleminde ısı transferi faktörü 0,85 ve eritme faktörü 0,55 olduğuna göre, kaynağı gerçekleştirebilmek için ısı kaynağında üretilmesi gereken toplam ısı miktarı ne olmalıdır?

$$V = A_w L = 6 \times (150) = 900 \text{ mm}^3$$

$$U_m = H_w/V = 3700 / 900 = 4,111 \text{ J/mm}^3$$

$$T_m = (U_m/k)^{0,5} = (4,111/3,33 \times 10^{-6})^{0,5} = 1111^\circ\text{K}$$

Tablo 27.2'den, 1111°K ergime sıcaklığına en yakın metal **Bronz** olarak bulunmaktadır. (1120°K)

$$(b) H = H_w/f_1 f_2 = 3700 / (0,85 \times 0,55) = \mathbf{7914 \text{ J}}$$

Problem 27.13 Alüminyum ve çelik için birim eritme enerjisinin kıyaslanabilmesi için şunları hesaplayınız: (a) metalin sıcaklığını oda sıcaklığından erime sıcaklığına çıkarmak için gerekli ısı (metal hacimsel özgül ısısının sıcaklıktaki artış ile çarpımıdır) ve (b) eritme ısısı.

(a) Alüminyumun fiziksel özellikleri: Kaynak ısısı, $H_f = 395390 \text{ J/kg}$, ergime sıcaklığı $T_m = 660^\circ\text{C}$, yoğunluk $\rho = 2700 \text{ kg/m}^3$, özgül ısı $C = 900 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$.

$$U_m = \rho C(T_m - T_{ambient}) + \rho H_f$$

$$U_m = (2,7 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3)(900 \text{ J/kg-C})(660 - 21) + (2,7 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3)(395390 \text{ J/kg}) = \mathbf{2,62 \text{ J/mm}^3}$$

Birim eritme enerjisinin $U_m = 3,33 \times 10^{-6} (660 + 273)^2 = \mathbf{2,90 \text{ J/mm}^3}$, formülü ile hesaplanması durumunda değerler arasında % 10 farklılık görülmektedir.

(b) Çeliğin fiziksel özellikleri: Kaynak ısısı $H_f = 272123 \text{ J/kg}$, ergime sıcaklığı $T_m = 1480^\circ\text{C}$, yoğunluk

$$\rho = 7900 \text{ kg/m}^3, \text{ özgül ısı } C = 460 \text{ J/kg-}^\circ\text{C}$$

$$U_m = \rho C(T_m - T_{ambient}) + \rho H_f$$

$$U_m = (7,9 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3)(460 \text{ J/kg-C})(1480 - 21) + (7,9 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3)(272123 \text{ J/kg}) = \mathbf{7,45 \text{ J/mm}^3}$$

Birim eritme enerjisinin $U_m = 3,33 \times 10^{-6} (1480 + 273)^2 = \mathbf{10,23 \text{ J/mm}^3}$, formülü ile hesaplanması durumunda değerler arasında % 37 farklılık görülmektedir.

Çeliğin birim eritme enerjisinin iki farklı formül üzerinden hesaplanması durumunda ortaya çıkan farkın alüminyumdan daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu fark çeliğin özgül ısısının sıcaklıkla birlikte önemli oranlarda arttığına bir göstergesidir.

Problem 27.14 Bir ark kaynağı işleminde üretilen kaynak gücü 3000 W'dır. Bu güç, 0,9'luk ısı transferi faktörü ile parça yüzeyine aktarılmaktadır. Kaynağı yapılan metal bakırdır. Eritme faktörünü 0,25 kabul ediniz. 15 mm² kesit alanına sahip sürekli bir doldurma kaynağı yapılmaktadır. Kaynak işleminin gerçekleştirilebileceği ilerleme hızını bulunuz.

Tablo 27.2'den, bakır için ergime sıcaklığı, $T_m = 1350 \text{ }^\circ\text{K}$

$$U_m = 3,33 \times 10^{-6} (1350)^2 = 6,07 \text{ J/mm}^3$$

$$v = f_1 f_2 R_H / U_m A_w = 0,9(0,25)(3000) / (6,07 \times 15) = \mathbf{7,4 \text{ mm/s.}}$$

Problem 27.15 Önceki problemi kaynak edilecek malzemenin yüksek karbonlu çelik ve kaynak kesit alanının 25 mm² ve eritme faktörünün 0,6 olması durumu için tekrar çözünüz.

Tablo 27.2'den, yüksek karbonlu çelik için ergime sıcaklığı, $T_m = 1650 \text{ }^\circ\text{K}$

$$U_m = 3,33 \times 10^{-6} (1650)^2 = 9,07 \text{ J/mm}^3$$

$$v = f_1 f_2 R_H / U_m A_w = 0,9(0,6)(3000) / (9,07 \times 25) = \mathbf{7,15 \text{ mm/s.}}$$

Problem 27.16 Bir kaynak işleminde alüminyum alaşımı levhalarda oluklu alın birleştirme yapılmaktadır. Kaynağın kesit alanı 30 mm², kaynak hızı 4 mm/s, ısı transferi faktörü 0,92 ve eritme faktörü 0,48'dir. Alüminyumun erime derecesi 650 °C'dir. Bu kaynak işlemini yapabilmek için ısı kaynağındaki birim zamandaki ısı üretim miktarı ne olmalıdır?

$$U_m = 3,33 \times 10^{-6} (650 + 273)^2 = 2,84 \text{ J/mm}^3$$

$$f_1 f_2 R_H = U_m A_w v$$

$$R_H = U_m A_w v / f_1 f_2 = 2,84(30)(4) / (0,92 \times 0,48) = \mathbf{771 \text{ J/s} = 771 \text{ W.}}$$

Problem 27.17 Bir kaynak işlemindeki güç kaynağı, parça yüzeyine 0,8'lik bir ısı transferi faktörü ile iletilen 131 kJ/dk'lık bir enerji üretiyor. Kaynak edilen metalin erime noktası 982 °C ve eritme faktörü 0,5'tir. Bu işlemde kesit alanı 0,25 cm² olan sürekli doldurma kaynağı yapılıyor ise kaynak işleminin gerçekleştirilebileceği ilerleme hızını bulunuz.

$$U_m = 3,33 \times 10^{-6} (982 + 273)^2 = 5,24 \text{ J/mm}^3$$

$$v = f_1 f_2 R_H / U_m A_w = 0,8(0,5)(131000)/(5,24 \times 25) = 400 \text{ mm/dk}$$

Problem 27.18 Bir kaynak işleminde, 38 cm/dk kaynak hızında 0,15 cm² kesit alanı olan bir doldurma kaynağı yapılıyor. Kaynak edilen malzemenin erime noktası 1093 °C, ısı transferi faktörü 0,95 ve eritme faktörü 0,5 ise, bu kaynak işleminin yapılabilmesi için ısı kaynağında birim zamanda üretilmesi gereken ısı miktarını hesaplayınız.

$$U_m = 3,33 \times 10^{-6} (1093 + 273)^2 = 6,21 \text{ J/mm}^3$$
$$v = 380 \text{ mm/dk} = f_1 f_2 R_H / U_m A_w = 0,95(0,5)R_H / (6,21 \times 15) = 0,005 R_H$$
$$R_H = 380/0,005 = 74520 \text{ J/dk}$$

Problem 27.19 5 mm kalınlığında iki orta karbonlu çelik levha doldurma kaynağı ile birleştirilecektir. Birleştirme, levhaların arasında 90°'lik bir açı olacak şekilde, iç köşe doldurma kaynağı ile yapılacaktır. Kaynak kafasının hareket hızı 6 mm/s'dir. Kaynak dikişinin kesiti, yaklaşık olarak kenar uzunluğu 4,5 mm bir eşkenar üçgen, ısı transferi faktörü 0,8 ve eritme faktörü 0,58 ise, bu kaynak işleminin yapılabilmesi için ısı kaynağında birim zamanda üretilmesi gereken ısı miktarını hesaplayınız.

$$A_w = bh/2 = 4,5(4,5)/2 = 10,125 \text{ mm}^2$$

Tablo 27.2'den, orta karbonlu çelik için ergime sıcaklığı, $T_m = 1700 \text{ °K}$

$$U_m = 3,33 \times 10^{-6} (1700)^2 = 9,62 \text{ J/mm}^3$$
$$R_H = U_m A_w v / (f_1 f_2) = 9,62(10,125)(5,0) / (0,8 \times 0,58) = 1260 \text{ J/s} = 1260 \text{ W}$$

Problem 27.20 Ark kaynağı kullanılarak bir nokta kaynağı yapılıyor. Bu işlemde, nokta kaynağı yapılan parçalar 0,15 cm kalınlığında alüminyum levhalardır. Erimiş metal 0,62 cm çapında bir kaynak çekirdeği oluşturuyor ve işlem 4 saniye güç uygulaması gerektiriyor. Kaynak çekirdeğinin kalınlığının iki levhanın kalınlıkları toplamına eşit (0,30 cm) ve sırasıyla ısı transferi ve eritme faktörlerinin 0,8 ve 0,5 olduğu kabul ederek, bu kaynak işleminin yapılabilmesi için ısı kaynağında birim zamanda üretilmesi gereken ısı miktarını hesaplayınız.

Tablo 27.2'den, alüminyum için ergime sıcaklığı, $T_m = 930 \text{ °K}$

$$U_m = 3,33 \times 10^{-6} (930)^2 = 2,88 \text{ J/mm}^3$$
$$V = \pi D^2/4 (2t) = \pi (0,62^2/4)(2)(1,5) = 0,905 \text{ mm}^3$$
$$H_w = U_m V = 2,88(0,905) = 2,604 \text{ J}$$
$$H = H_w / (f_1 f_2) = 2,604 / (0,8 \times 0,5) = 6,516 \text{ J}$$
$$R_H = H/T = 6,516/4 = 1,629 \text{ J}$$

Problem 27.21 Ebatları 200 mm x 350 mm olan dikdörtgen şeklindeki düşük karbonlu çelik bir levha üzerinde yüzey (kaplama) kaynağı yapılacaktır. İşlemde kullanılan dolgu metali erime derecesi esas metal ile aynı olan daha yüksek mukavemetli alaşımlı bir çeliktir. Parça yüzeyinde 2 mm yüksekliğinde bir doldurma yapılacaktır. Ancak, esas metale olan penetrasyon ile birlikte eriyen metalin toplam kalınlığı 6 mm'dir. Parça yüzeyinde boyuna doğrultuda çok sayıda birbiri ile paralel yan yana kaynak pasoları çekilecektir. Kaynak işlemi otomatik olarak yapılacak ve 7 mm/s'lik bir kaynak hızında tüm pasolar sürekli tek bir işlemde çekilecektir. Pasolar arasında 5 mm mesafe bırakılacaktır. Kaynak dikişinin 5 mm x 6 mm ebatlarında dikdörtgen şeklinde olduğunu varsayın. Her seferdeki levha ucundaki dönmeye alakalı güçlükleri yok kabul edin. Isı transferi faktörünü 0,8 ve eritme faktörünü 0,6 kabul ederek, (a) ısı kaynağında birim zamanda üretilmesi gereken ısı miktarını ve (b) yüzey işleminin tamamlanmasının ne kadar süreceğini bulunuz.

(a) Tablo 27.2'den, düşük karbonlu çelik için ergime sıcaklığı, $T_m = 1760 \text{ °K}$

$$U_m = 3,33 \times 10^{-6} (1760)^2 = 10,32 \text{ J/mm}^3$$

$$R_H = U_m A_w v / f_1 f_2 = 10,32 (6 \times 5) (7) / (0,8 \times 0,6) = \mathbf{4515 \text{ J/s}}$$

(b) Toplam dikiş uzunluğu = $350(200/5) = 14000 \text{ mm}$
 $v = 7 \text{ mm/s}$ hızında işlem süresi = $14000/7 = \mathbf{2000 \text{ sn} = 33.33 \text{ dk}}$

Problem 27.22 Yüksek karbonlu çelikten imal edilmiş bir aks (dingil) yatağının yüzeyi faydalı kullanım süresindeki aşınma miktarından fazla aşınmıştır. Bu yatak yeni iken çapı 10 cm'dir. Aşınan yatağı tamir etmek için, çapı torna ile 9,75 cm'ye düşürülerek yüzeyi düzleştirilmiştir. Bir torna tezgâhında helisel tek paso ile yüzey kaynağı yapılarak yatak çapı 10 cm'in üzerine çıkarılmıştır. Kaynak sonrasında parça tekrar tornalanarak çapı 10 cm'ye düşürülmüştür. Parça yüzeyine kaplanan dolgu metali yatak malzemesi ile aynı kimyasal kompozisyona sahiptir. Yatağın yüzey uzunluğu 17,5 cm'dir. Kaynak işlemi esnasında, kaynak aparatı takım tutucuya bağlanmış aynaya bağlanmış yatak döndürülürken parçaya doğru beslenmiştir. Yatak 4 dev/dk hızda döndürülmüştür. Kaynak dikişi yüksekliği orijinal yüzeyden itibaren 2,4 cm'dir. Buna ilaveten, kaynak dikişi yatak yüzeyinden 0,15 cm aşağıya uzanmaktadır. Kaynak dikişi genişliği 0,62 cm olduğundan tornada ilerleme hızı 0,62 cm/dev seçilmiştir. Isı transferi ve eritme faktörlerini sırasıyla 0,80 ve 0,65 kabul ederek (a) iş parçası ile kaynak kafası arasındaki izafi (bağıl) hızı, (b) ısı kaynağında birim zamanda üretilen ısı miktarını ve (c) kaynak işleminin ne kadar sürdüğünü hesaplayınız.

(a) $v = N\pi D = 4\pi(9,75) = 122,5 \text{ cm/dk} = 1225 \text{ mm/dk}$
(b) Tablo 27.2'den, yüksek karbonlu çelik için ergime sıcaklığı, $T_m = 1650 \text{ }^\circ\text{K}$
 $U_m = 3,33 \times 10^{-6} (1650)^2 = 9,06 \text{ J/mm}^3$
 $R_H = U_m A_w v / f_1 f_2 = 9,06 \times (6,2(24+1,5)) \times 1225 / (0,8 \times 0,65)$
 $= 3374370 \text{ J/dk}$
(c) $T_{weld} = L / (fN) = 17,5 / (0,62 \times 4) = \mathbf{7 \text{ dk}}$

BÖLÜM 28 – KAYNAK YÖNTEMLERİ

Örnek Problem 1. Bir gaz tungsten ark kaynağı işlemi 300 A akım ve 20 V gerilim kullanarak yapılmaktadır. Eritme faktörü, f_2 , 0,5 ve metalin birim eritme enerjisi, U_m , 10 J/mm^3 olduğuna göre; (a) kaynak işleminde kullanılan gücü, (b) kaynak işlemindeki birim zamandaki ısı girdisini ve (c) birim zamanda elde edilen metalin hacmini hesaplayınız.

(a) Bu ark kaynağı uygulamasındaki güç:

$$P = I \times E = (300\text{A}) \times (20 \text{ V}) = 6000 \text{ W}$$

(b) Gaz tungsten ark kaynağındaki ısı transferi faktörü, f_1 , 0,7 olarak alınır. Kaynak işlemindeki birim zamanda metale aktarılan ısı girdisi şu şekilde hesaplanabilir.

$$R_{Hw} = f_1 \times f_2 \times I \times E = (0,7) \times (0,5) \times (6000) = 2100 \text{ W} = 2100 \text{ J/s}$$

(c) Birim zamanda kaynak edilen metalin hacmi de,

$$R_{vw} = (2100 \text{ J/s}) \times (10 \text{ J/mm}^3) = 210 \text{ mm}^3/\text{s}$$

Örnek Problem 2. 1,5 mm kalınlığında iki çelik saç parçası, 0,2 s süre ile 12000 A'lık bir akım verilerek direnç nokta kaynağı yapılmaktadır. Elektrotlar, 6 mm çapında bir temas yüzeyine

sahiptir. Direncin 0,0001 Ω olduğu kabul edilmekte olup elde edilen kaynak çekirdeği 6 mm çapında ve 2,5 mm kalınlığındadır. Metalin birim erime enerjisi, $U_m = 12 \text{ J/mm}^3$ 'tür. Üretilen ısının ne kadarı kaynak çekirdeğini oluşturmak için kullanılmış ve ne kadarı iş parçalarına, elektrotlara ve çevreye yayılarak kaybedilmiştir?

İşlemede üretilen ısı, $H = (12000)^2 \times (0,0001) \times (0,2) = 2880 \text{ J}$

Kaynak çekirdeğinin hacmi (disk şeklinde kabul edilirse);

$$v = 2,5 \times \frac{\pi \times 6^2}{4} = 70,7 \text{ mm}^3$$

Metalin bu hacmi eritmek için gerekli ısı, $H_w = 70,7 \times 12 = 848 \text{ J}$ 'dür. Geriye kalan ısı; $2880 - 848 = 2032 \text{ J}$. Dolayısıyla, üretilen toplam ısının %70,6'sı iş parçalarına, elektrotlara ve çevreye kaybedilmiştir. Gerçekte, bu kayıp ısı transferi faktörü, f_1 , ile eritme faktörünün, f_2 , toplam etkisini temsil etmektedir.

Örnek Problem 3. Bir oksî-asetilen torcu, 4,5 mm kalınlığındaki çelik parçaların kaynak işlemi için saatte 0,3 m³ asetilen ve aynı oranda oksijen beslemektedir. Bu gazların yanması ile açığa çıkan ısı, parçalara 0,2'lik bir ısı transferi faktörü, f_1 , ile transferi edilmektedir. Eğer ısının %75'i iş parçası üzerinde 9 mm çapında dairesel bir alanda yoğunlaşıyorsa: (a) yanma esnasında birim zamanda açığa çıkan ısı miktarını, (b) birim zamanda parçaya transfer edilen ısı miktarını ve (c) dairesel alandaki ortalama güç yoğunluğunu hesaplayınız.

(a) Birim zamanda torç tarafından üretilen ısı miktarı, birim zamanda beslenen asetilen miktarının yanma ile açığa çıkan ısı miktarı ile çarpımına eşittir. Böylece;

$$R_H = (0,3 \text{ m}^3/\text{h}) \times (55 \times 10^6 \text{ J/m}^3) = 16,5 \times 10^6 \text{ J/h veya } 4583 \text{ J/s olarak bulunur.}$$

(b) 0,2'lik ısı transferi faktörü, f_1 , ile parça yüzeyine birim zamanda ulaşan ısı miktarı şöyle bulunur:

$$f_1 R_H = 0,2 \times 4583 = 917 \text{ J/s}$$

(c) Isının %75'inin yoğunlaştığı bölgenin alanı:

$A = \frac{\pi 9^2}{4} = 63,6 \text{ mm}^2$ olarak bulunur. Bu dairesel bölgedeki ortalama güç yoğunluğu; parçaya transfer edilen ısının bu bölgenin alanına bölünmesi ile şöyle hesaplanır:

$$PD = \frac{0,75 \times 917}{63,6} = 10,8 \text{ W/mm}^2$$

Problem 28.1 Bir örtülü metal ark kaynağı (ÖMAK) işlemi bir kaynakçı ve montajcı tarafından bir kaynak kabininde gerçekleştirilmektedir. Montajcı, kaynak işleminin başlangıcında kaynak edilecek parçaları kaynak fikstürüne 5,5 dakikada yerleştiriyor ve kaynak sonrası kaynak edilmiş parçaları 2,5 dakikada fikstürden alıyor. Yapılacak birkaç kaynak dikişinin toplam uzunluğu 2000 mm ve kaynakçının uyguladığı kaynak hızı ortalama dakikada 400 mm'dir. Kaynak esnasında her 750 mm'de bir kaynak elektrotu değiştirilmelidir ve bu elektrot

değiştirme işi 0,8 dakika sürmektedir. Montajcı çalışırken kaynakçı beklemektedir, aynı şekilde kaynakçı çalışırken montajcı dinlenmektedir. (a) Bu kaynak işlemi sürecindeki ortalama ark süresini bulunuz. (b) Kaynakçının bu kaynak işlemi için manuel özlü tel ark kaynağı (OTAK) yöntemi ile yapması durumunda, eğer özlü tel makarası (bobini) her beş kaynakta bir değiştiriliyor ve her makara değiştirme 5 dakika sürüyorsa, ark süresindeki artış ne olacaktır? (c) Bu iki kaynak işlemindeki üretim hızı (saat başına kaynak edilen uzunluk) nedir?

(a) Örtülü metal ark kaynağı döngü süresi $T_c = 5.5 + 2000/400 + (2000/750)(0.8) + 2.5 = 5.5 + 5.0 + 2.133 + 2.5 = 15.133$ dakika

Ortalama ark süresi = $5.0/15.133 = \% 33.0$

(b) Manuel özlü tel ark kaynağı döngü süresi $T_c = 5.5 + 2000/400 + (1/5)(5.0) + 2.5 = 5.5 + 5.0 + 1.0 + 2.5 = 14.0$ dakika

Ortalama ark süresi = $5.0/14.0 = \% 35.7$

(c) ÖMAK $R_p = 60/15.133 = 3.96$ uzunluk/saat OTAK $R_p = 60/14.0 = 4.29$ uzunluk/saat.

Problem 28.2 Önceki problemdeki kaynak işlemi yapmak için kaynakçı yerine robot kullanıldığını farz edelim. Bu durumdaki kaynak hücresi robot (örtülü metal ark kaynağı veya özlü tel ark kaynağı yerine gaz metal ark kaynağı kullanarak), iki kaynak fikstürü ile bir montajcıdan oluşuyor. İki kaynak fikstürü ile robot bir fikstürde kaynak ederken montajcı diğer fikstürdeki kaynaklı parçayı alıp yerine yeni kaynaklanacak parçaları koyarak fikstürü hazırladığından, montajcı ve robot aynı anda çalışabiliyor. Her bir kaynak sonrası robot ile montajcı yer değiştiriyor. Tel elektrot makarası her beş parçada bir değiştirilmez ve montajcı değiştirme işini 5 dakikada yapıyor. (a) Ark süresini bulunuz, (b) bu işlemdeki üretim hızını hesaplayınız.

(a) Montajcı: $T_c = 5.5 + 2.5 + (1/5)(5.0) = 9$ dakika

Robot: $T_c = 2000/400 = 5$ dakika

Arc Süresi = $5.0/9.0 = \% 55.5$

(b) $R_p = 60/9.0 = 6.67$ parça/saat

Problem 28.3 Bir örtülü metal ark kaynağı işleminde çelik bir parça 30 V'luk bir gerilim ve 225 A'lik bir akım kullanılarak kaynak edilmektedir. Isı transferi faktörü 0,85 ve eritme faktörü de 0,75'tir. Çeliğin birim eritme enerjisi $10,2 \text{ J/mm}^3$ olduğuna göre: (a) kaynak işlemindeki ısı üretim hızı ve (b) birim zamanda kaynak edilen metal hacmini hesaplayınız.

(a) $R_{HW} = f_1 f_2 EI = (0.85)(0.75)(30)(225) = 4303.1 \text{ W}$

(b) $R_{wv} = (4303.1 \text{ W}) / (10.2 \text{ J/mm}^3) = 421.9 \text{ mm}^3/\text{sn}$

Problem 28.4 Birim eritme enerjisi $10,3 \text{ J/mm}^3$ olan düşük karbonlu bir çelik tungsten ark kaynağı yöntemi (TIG) ile kaynak edilmektedir. Kaynak gerilimi 22 V ve akımı da 135 A'dir. Isı transferi faktörü 0,7 ve eritme faktörü de 0,65'tir. İşlemde 3,5 mm çapında dolgu metali kullanılıyor ve bunun sonucu kaynak metali hacminin %60'ı dolgu metali ve %40'ı da esas metalden oluşuyor. İşlemde kullanılan kaynak hızı 5 mm/s ise: (a) kaynak dikişinin kesit alanı ve (b) dolgu metalinin beslenmesi gereken hızı (mm/s cinsinden) hesaplayınız.

(a) $R_{HW} = f_1 f_2 EI = U_m A_w v$

$A_w = f_1 f_2 EI / (U_m v) = 0.7(0.65)(22)(135) / (10.3 \times 5.0) = 26.24 \text{ mm}^2$

(b) Kaynak Hacmi = $A_w v = 26.24(5.0) = 131.2 \text{ mm}^3/\text{s}$

$$\text{Dolgu Metali } A = \pi D^2/4 = \pi(3.5)^2/4 = 9.62 \text{ mm}^2$$

$$\text{Beslenme Hızı} = 131.2(0.60)/9.62 = \mathbf{8.18 \text{ mm/s}}$$

Problem 28.5 İki paslanmaz çelik parçaya özlü tel ark kaynağı ile alın birleştirme işlemi uygulanmaktadır. Kaynak gerilimi 21 V ve akımı da 185 A'dır. Kaynak dikişinin kesit alanı 75 mm²'dir. Paslanmaz çeliğin eritme faktörünü 0,6 kabul edilirse bu işlemdeki muhtemel kaynak hızını hesaplayınız.

Tablo 28.1, ısı transferi faktörü, $f_1 = 0.9$, özlü elektrot ile ark kaynağı

Tablo 27.2'den, $T_m = 1670^\circ\text{K}$, östenitik paslanmaz çelikler için ergime sıcaklığı.

$$U_m = 3.33 \times 10^{-6} (1670)^2 = 9.29 \text{ J/mm}^3$$

$$f_1 f_2 EI = U_m A_w v$$

$$v = f_1 f_2 EI / U_m A_w = 0.9(0.6)(21)(185) / (9.29 \times 75) = \mathbf{3.01 \text{ mm/s}}$$

Problem 28.6 Düşük alaşımlı iki çelik parça, özlü tel ark kaynağı ile aralarında 90°'lik bir açı olacak şekilde dış taraftan doldurma kaynağı ile birleştirilmektedir. Çelik levhaların kalınlığı 1,25 cm'dir. Kaynak dikişi %55 elektrot metali ve %45 esas metalden oluşmaktadır. Çeliğin eritme faktörü 0,65 ve ısı transferi faktörü 0,90'dır. Kaynak gerilimi 16 V ve akımı da 75 A'dır. Kaynak kafasının hızı 100 cm/dk ve elektrot çapı 0,25 cm'dir. Elektrotun içinde 0,125 cm çapında cüruf yapıcı (kaynak sonrası kaynak dikişinde kalmayan) içeren öz bulunmaktadır. (a) Kaynak dikişinin kesit alanı nedir? (b) Elektrot kaynak esnasında ne kadar hızlı beslenmelidir?

(a) Tablo 27.2'den düşük alaşımlı çelik parçalar için, $T_m = 1700^\circ\text{K}$

$$U_m = K T_m^2 = 3,33 \times 10^{-6} \times (1700)^2 = 9,62 \text{ J/mm}^3$$

$$R_{HW} = f_1 f_2 EI = U_m A_w v, \text{ yeniden düzenlenirse, } A_w = f_1 f_2 EI / U_m v$$

$$f_1 f_2 EI = 0.90(0.65)(16)(75) = 702 \text{ J/sn}$$

$$U_m v = (9,62 \text{ J/mm}^3)(1000 \text{ mm}/60 \text{ sn}) = 160 \text{ J/mm}^2 \text{ sn}$$

$$A_w = (702 \text{ J/sn}) / (160 \text{ J/mm}^2 \text{ sn}) = \mathbf{4,38 \text{ mm}^2}$$

$$(b) \text{ Kaynak Hacmi} = A_w v = 4,38(16,66) = 73 \text{ mm}^2/\text{sn}$$

$$\text{Elektrod Alanı, } A = \pi D^2/4 = \pi(2,5)^2/4 = 4,90 \text{ mm}^2$$

$$\text{Öz, } A = \pi D^2/4 = \pi(1,25)^2/4 = 1,22 \text{ mm}^2$$

$$\text{Elektrottaki metal, } A = 4,90 \text{ mm}^2 - 1,22 \text{ mm}^2 = 3,68 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kaynak dikişinin \%55'i elektrot metali olduğundan, elektrot besleme hızı} = 73 \text{ mm}^2/\text{sn} (0.55) / 3,68 \text{ mm}^2 = \mathbf{10,9 \text{ mm/sn}}$$

Problem 28.7 Bir metalin eritme faktörünü, f_2 , belirlemek için gaz metal ark kaynağı testi uygulanmaktadır. Kaynak gerilimi 25 V ve akımı da 125 A'dır. Isı transferi faktörü de gaz metal ark kaynağı için tipik bir değer olan 0,90'dır. Kaynak işlemi esnasında eklenen dolgu metali hızı dakikada 7,8 cm³'tür ve ölçümler elde edilen kaynak dikişinin % 57 dolgu metali ve % 43 esas metalden oluştuğunu göstermektedir. Malzemenin birim eritme enerjisi 4,82 J/mm³ ise (a) eritme faktörünü ve (b) kaynak dikişi kesit alanı 0,3125 cm² ise kaynak hızını bulunuz.

$$(a) f_1 f_2 EI = U_m A_w v$$

$$A_w v = \text{Birim zamanda kaynak edilen metalin hacmi} = R_{WV} = (7,8 \text{ cm}^3/\text{dk})/0.57 = 4,446 \text{ cm}^3/\text{dk} = 0,741 \text{ mm}^3/\text{sn}.$$

$$\text{Buradan, } f_1 f_2 EI = U_m (R_{WV}), 1 \text{ Btu/sec} = 1055 \text{ J/s} = 1055 \text{ W, so } 75 \text{ Btu/sec} = 79,125 \text{ W}$$

$$f_2 = U_m (R_{WV}) / f_1 EI = 4,82(0,741) / (0.9 \times 25 \times 125) = 1,27 \times 10^{-3}$$

$$(b) A_w = 0,3125 \text{ cm}^2, v = (R_{WV}) / A_w = 4,446 / 0,3125 = 14,22 \text{ cm/dk}$$

Problem 28.8 15 cm çapında çelik boruda otomatik kontrollü tozaltı ark kaynağı ile 25 V'luk gerilim ve 300 A'lık akım kullanılarak sürekli bir çevresel kaynak yapılmaktadır. Sabit bir kaynak kafası altındaki boru yavaşça döndürülmektedir. Tozaltı ark kaynağındaki ısı transferi faktörü 0,95'tir. Eritme faktörünü 0,7 kabul ediniz. Kaynak dikişinin kesit alanı 0,3 cm² ve çeliğin birim eritme enerjisi 9,6 J/mm³ ise: (a) borunun dönme hızını ve (b) kaynağın tamamlanması için gereken zamanı hesaplayınız.

$$(a) f_1 f_2 EI = U_m A_w v$$

$$v = f_1 f_2 EI / U_m A_w$$

$$v = 0.95(0.7)(25)(300)/(9.6 \times 30) = 17.31 \text{ mm/sn}$$

$$\text{Kaynak bölgesinin çevresi } C = \pi D = 150 \times \pi = 471 \text{ mm}$$

$$\text{Dönüş Hızı, } N = (17.31 \text{ mm/sn}) / (471 \text{ mm}) = 0.0367 \text{ sn.}$$

$$(b) \text{ Time to weld around circumference} = C/v = (471 \text{ mm}) / (17.31 \text{ mm/sn}) = \mathbf{27.2 \text{ sn}}$$

Problem 28.9 Her biri 2 mm kalınlığında olan iki alüminyum parça arasında, nokta direnç kaynağı ile bir sıra nokta kaynağı yapılmaktadır. Alüminyumun birim eritme enerjisi 2,9 J/mm³, kaynak akımı 6000 A ve akımın verildiği süre 0,15 s'dir. Direncin ise 75 mikro-Ohm olduğunu varsayalım. Elde edilen kaynak çekirdeğinin çapı 5 mm ve yüksekliği 2,5 mm'dir. Üretilen toplam ısının ne kadarı kaynak çekirdeğini oluşturmak için harcanmıştır?

$$H = I^2 R t = (6000)^2 (75 \times 10^{-6}) (0.15) = 405 \text{ W/s} = 405 \text{ J}$$

$$\text{Kaynak Hacmi } V = \pi D^2 d / 4 = \pi (5)^2 (2.5) / 4 = 49.1 \text{ mm}^3$$

$$\text{Kaynak için gerekli ısı} = U_m V = (2.9 \text{ J/mm}^3) (49.1 \text{ mm}^3) = 142.4 \text{ J}$$

$$\text{Üretilen toplam ısının kaynak için gerekli olan yüzdesi} = 142.4 / 405 = \mathbf{0.351 = 35.1\%}$$

Problem 28.10 Birim eritme enerjisi 8,3 J/mm³ olan iki çelik sac nokta direnç kaynağı ile kaynak edilecektir. Çelik sacın kalınlığı 0,3125 cm'dir. Kaynak akımı 11000 A ve akım süresi 0,25 s olarak ayarlanmıştır. Kullanılan elektrot çapına bağlı olarak, kaynak çekirdeğinin çapı 0,75 cm olmaktadır. Tecrübeye göre, metale aktarılan ısının %40'ı kaynak çekirdeğini oluşturmakta ve ısının geriye kalanı metal üzerinden kaybedilmektedir. Yüzeyler arasındaki direnç 130 mikro-Ohm ise ve elde edilen kaynak çekirdeğinin homojen bir kalınlığa sahip olduğunu farz edersek, yüksekliği ne olur?

$$H = I^2 R t = 11000^2 (0.000130) (0.25) = 3930 \text{ J}$$

$$V = H_w / U_m = (0.4) (3.930 / 8.3) = 189.39 \text{ mm}^3$$

$$V = (d) \pi D^2 / 4; d = V / (\pi D^2 / 4) = 189.39 / (0.25 \pi (7.5^2)) = \mathbf{4.28 \text{ mm}}$$

Problem 28.11 Bir metalin birim eritme enerjisi 9,5 GPa'dır. Bu metalden her birinin kalınlığı 3,5 mm olan iki sac nokta kaynağı yapılmaktadır. Talep edilen mukavemete sahip olabilmesi için kaynak çekirdeğinin çapının 5,5 mm ve yüksekliğinin 5 mm olması gerekmektedir. Kaynak süresi 0,3 s olarak ayarlanmıştır. Yüzeyler arasındaki direncin 1430 mikro-Ohm olduğunu ve üretilen toplam ısının üçte birinin kaynak çekirdeğinin oluşturulması için kullanıldığını (geriye kalanın kaybedildiğini) farz ederek, bu işlem için gerekli en düşük akım seviyesinin ne olması gerektiğini hesaplayınız.

$$H_m = U_m V$$

$$V = \pi D^2 d / 4 = \pi (5.5)^2 (5.0) / 4 = 118.8 \text{ mm}^3$$

$$H_w = 9.5 (118.8) = 1129 \text{ J}$$

$$H = 1129/(1/3) = 3386 \text{ J}$$

$$H = I_2 R t = I^2 (140 \times 10^{-6})(0.3) = 42 \times 10^{-6} I^2 = 3386 \text{ J}$$

$$I_2 = 3386/(42 \times 10^{-6}) = 80.6 \times 10^6 \text{ A}^2$$

$$I = 8.98 \times 10^3 = \mathbf{8,980 \text{ A}}$$

Problem 28.12 0,1 cm kalınlığında iki çelik sac (düşük karbonlu) nokta direnç kaynağı yapılmaktadır. Çeliğin birim eritme enerjisi 9,6 GPa'dır. İşlem parametreleri: kaynak akımı 9500 A ve akım süresi 0,17 s'dir. Bu işlemde elde edilen kaynak çekirdeğinin çapı 0,475 cm ve yüksekliği 0,15 cm olmaktadır. Direncin 100 mikro-Ohm olduğunu farz ederek: (a) kaynak çekirdeğinin oluştuğu ara yüzeydeki ortalama güç yoğunluğunu ve (b) üretilen toplam ısının kaynak çekirdeğinin oluşumuna harcanan oranını hesaplayınız.

$$(a) PD = I^2 R/A$$

$$A = \pi D^2/4 = \pi(0,475)^2/4 = 0.177 \text{ cm}^2$$

$$I^2 R = (9500)^2 \times (100 \times 10^{-6}) = 9025 \text{ W}$$

$$PD = 9025/17,7 = 509 \text{ J/mm}^2\text{sn}$$

$$(b) H = I^2 R t = (9500)^2 \times (100 \times 10^{-6})(0.17) = 1534 \text{ J}$$

$$\text{Kaynak Hacmi } V = \pi D^2 d/4 = \pi(4,75)^2(1,5)/4 = 26,58 \text{ mm}^3$$

$$\text{Gereken toplam ısı} = U_m V = (9,6)(26,58) = 255,168 \text{ J}$$

$$\text{Toplam ısının kaynak çekirdeğine harcanan kısmı} = 255,168/1534 = \mathbf{0.166 = \% 16,6}$$

Problem 28.13 Her biri 2,5 mm kalınlığında olan iki östenitik paslanmaz çelik parçadan bir kap imal etmek için dikiş direnç kaynağı yapılmaktadır. İşlemdeki kaynak akımı 10000 A, akımın verildiği süre 0,3 s ve ara yüzeydeki direnç 75 mikro-Ohm'dur. 200 mm çapında disk elektrotlar kullanılarak sürekli dikiş modunda kaynak uygulanmaktadır. Bu kaynak işleminde elde edilen kaynak çekirdeklerinin disk şeklinde olduğunu, çapının 6 mm ve yüksekliğinin 3 mm olduğunu farz edelim. Bu kaynak çekirdekleri sızdırmaz bir dikiş oluşturmak üzere ardışıktır (bitişiktir). İşlemin kontrol edildiği güç ünitesi iki nokta kaynağı arasında akım kesildikten sonra tekrar verilinceye kadar 1 s zaman gerektirmektedir. Bu şartlarda: (a) paslanmaz çeliğin birim eritme enerjisini, (b) üretilen toplam ısının her bir nokta kaynağı için harcanan oranını ve (c) disk elektrotların devir hızını hesaplayınız.

$$(a) \text{ Tablo 27.2'den östenitik paslanmaz çelikler için, } T_m = 1670^\circ\text{K}$$

$$U_m = 3,33 \times 10^{-6}(1670)^2 = \mathbf{9.29 \text{ J/mm}^3}$$

$$(b) H_w = U_m V$$

$$V = \pi D^2 d/4 = \pi(6)^2(3)/4 = 84.82 \text{ mm}^3$$

$$H_w = (9.29 \text{ J/mm}^3)(84.82 \text{ mm}^3) = 788 \text{ J}$$

$$H = I^2 R t = (10,000)^2(75 \times 10^{-6})(0,3) = 2225 \text{ J}$$

$$\text{Toplam ısının nokta kaynağına aktarılan oranı} = 788/2225 = \mathbf{0.354 = \% 35.4}$$

$$(c) \text{ Her bir kaynak için döngü süresi } T_c = 0.3 + 1.0 = 1.3 \text{ sn.}$$

$$\text{Sürekli sızdırmaz bir dikiş için elektrotun her bir nokta kaynağı için alacağı yol} = D = 6 \text{ mm.}$$

$$v = 6.00 \text{ mm}/1.3 \text{ sn} = 4.61 \text{ mm/s} = 276.9 \text{ mm/dk.}$$

$$N = v/\pi D = (276.9 \text{ mm/dk})/(200\pi \text{ mm/dev}) = \mathbf{0.441 \text{ dev/dk}}$$

Problem 28.14 Önceki problemde klasik dikiş kaynağı yerine aralıklı dikiş kaynağı yapıldığını farz edelim. Ara yüzey direnci 100 mikro-Ohm'a çıkmakta ve kaynak çekirdekleri merkezleri arasındaki mesafe 25 mm olmaktadır. Diğer kaynak şartları önceki problemdeki şartlar ile aynıdır. (a) Üretilen toplam ısının her bir nokta kaynağı için harcanan oranını bulunuz. (b) disk

elektrotların devir hızını hesaplayınız. (c) Bu yüksek devirde, akımın verildiği sürede diskin ilerleme mesafesi ne kadardır ve bunun kaynak dikişinin uzamasına (dairesele yerine eliptik olmasında) etkisi var mıdır?

$$(a) U_m = 3.33 \times 10^{-6} (1670)^2 = 9.29 \text{ J/mm}^3$$
$$H_w = (9.29 \text{ J/mm}^3)(84.82 \text{ mm}^3) = 788 \text{ J.}$$
$$H = I^2 R t = (10000)^2 (100 \times 10^{-6})(0.3) = 3000 \text{ J}$$

Kaynağa aktarılan ısı oranı = $788/3000 = 0.263 = \% 26,3$

$$(b) \text{ Toplam döngü süresi, } T_c = 1,3 \text{ sn}$$

Kaynak çekirdekleri arası mesafe (2 kaynak noktası arası mesafe) = 25 mm

$$v = 25 \text{ mm}/1,3 \text{ sn} = 19,23 \text{ mm/s} = 1153,8 \text{ mm/dk}$$
$$N = v/\pi D = (1153,8 \text{ mm/dk})/(200\pi \text{ in/dev}) = \mathbf{1.836 \text{ dev/dk}}$$

(c) Akımın verildiği süre = 0,3 sn
0,3 sn içerisinde diskin ilerlemesi = $(0.3 \text{ sn})(19.23 \text{ mm/s}) = \mathbf{5.77 \text{ mm}}$. Bu hareket kaynak dikişini uzatmakta ve eliptik şekilde bir kaynak dikişi ortaya çıkarmaktadır.

Problem 28.15 Direnç projeksiyon kaynağı ile iki ince çelik levha dört noktada aynı anda kaynak edilmektedir. Parçalardan birinde 0,625 cm çapında ve 0,5 cm yüksekliğinde projeksiyonlar (kabartılar) oluşturulmuştur. Akımın verilme süresi 0,3 s olup, kaynak tüm dört kabartıda birden yapılmaktadır. Bu çelik levha 9 GPa'lık bir birim eritme enerjisine sahiptir ve levhalar arasında 90 mikro-Ohm' luk bir direnç söz konusudur. Tecrübeye göre isinin %55'i kaybedilmekte ve %45'i kaynak çekirdeğini eritmektedir. Elde edilen kaynak çekirdeklerinin hacminin, iki levhadan da metal eridiğinden dolayı projeksiyonların hacminin iki katı olduğunu farz edersek, bu kaynak işlemi için ne kadar akım gereklidir?

$$\text{Tek bir direnç projeksiyon kaynağı hacmi} = \pi D^2/4 = (0,5)\pi(0,625)^2/4 = 0,153 \text{ cm}^3$$

Bir direnç noktasının hacmi $V = 2 \times 0,153 = 0,306 \text{ cm}^3$

$$4 \text{ noktanın hacmi} = 4(0,306) = 1,22 \text{ cm}^3$$
$$H_m = U_m V = 9(1220) = 11044 \text{ J}$$

Toplam gereken ısı = $H_w/(\% \text{ kaynak çekirdeği}) = 11044/0.45 = 24543 \text{ J}$

$$I^2 = H/(Rt) = 24543/(90 \times 10^{-6} \times 0.3) = 91 \times 10^7$$
$$I = 30149 \text{ A olarak bulunur.}$$

Problem 28.16 Bir nokta kaynağı için, akımı, zamanın birim rampa fonksiyonu ($I = 100000t$, I =amper ve t =saniye) olarak verebilen, deneysel bir güç kaynağı tasarlanmaktadır. Akım verme süresinin sonunda akım aniden kesilmektedir. Nokta kaynağı yapılan metal birim eritme enerjisi 10 J/mm^3 olan düşük karbonlu çeliktir. Direnç 85 mikro-Ohm'dur. Elde edilmek istenen kaynak çekirdeği (disk şeklinde farz edilirse) çapı 4 mm ve kalınlığı 2 mm'dir. Isı kaynağında üretilen toplam ısının dörtte biri kaynak çekirdeğini oluşturmak için kullanılıyorsa, bu nokta kaynağı işlemini gerçekleştirmek için gerekli akımın verilme süresini hesaplayınız.

$$H_w = U_m V$$
$$V = \pi D^2 d/4 = \pi(4)^2(2)/4 = 25.14 \text{ mm}^3$$
$$H_w = (10 \text{ J/mm}^3)(25.14 \text{ mm}^3) = 251.4 \text{ J}$$
$$H = 251.4/0.25 = 1005.6 \text{ J}$$

Güç, $P = \int I^2 R dt = \int (100000t)^2 R dt = 100000R \int t^2 dt = (10^5)^2(85 \times 10^{-6})t^3/3$ 0 ve t arasında integralin alınması durumunda

$$H = 850000t^3/3 = 31481,5 t^3 = 1005,6$$
$$t_3 = 1005,6/31481,5 = 0,031943$$
$$t = (0.031943)^{1/3} = \mathbf{0,317 \text{ sn}}$$

Problem 28.17 Bir oksii-asetilen torcu, 0,625 mm kalınlığında bir çeliğın oksii-asetilen gaz kaynağı işleminin için saatte 0,23 m³ asetilen ve aynı oranda oksijen beslemektedir. Yanma sonucu açığa çıkan ısı 0,3'lük bir ısı transferi faktörü ile parça yüzeyine aktarılıyor. Alevden sağlanan ısının % 80'i parça yüzeyinde 1 cm çapındaki bir daire içerisinde yoğunlaşıyor ise: (a) yanma esnasında birim zamanda açığa çıkan ısı miktarını, (b) parça yüzeyine birim zamanda aktarılan ısı miktarını ve (c) dairesel alan içindeki ortalama güç yoğunluğunu hesaplayınız.

- (a) Torç tarafından üretilen ısı $R_H = (0,23 \text{ m}^3/\text{s})(55 \times 10^6 \text{ J/m}^3) = \mathbf{12650000 \text{ J/s} = 3513 \text{ J/sn}}$
(b) Birim zamanda parça yüzeyine aktarılan ısı miktarı $= f_1 R_H = 0,3 \times (3513 \text{ J/sn}) = \mathbf{1054 \text{ J/sn}}$
(c) Isının %80'inin yoğunlaştığı dairesel bölgenin alanı $A = \pi D^2/4 = \pi(10)^2/4 = 78,5 \text{ mm}^2$
Güç yoğunluğu $PD = 0,80 \times (1054 \text{ J/sn})/(78,5 \text{ mm}^2) = \mathbf{10,74 \text{ W/mm}^2}$

Problem 28.18 Bir elektron kaynağı işlemindeki gerilim 45 kV ve akım 60 miliamperdir. Elektron demeti 0,25 mm çapında dairesel bir alana odaklanmakta olup, ısı transferi faktörü 0,87'dir. Bu alandaki ortalama güç yoğunluğunu watt/mm² cinsinden hesaplayınız.

Güç yoğunluğu $PD = f_1 EI/A$
Güç $P = f_1 EI = 0,87(45 \times 10^3)(60 \times 10^{-3}) = 2349 \text{ W}$
Alan $A = \pi D^2/4 = \pi(0,25)^2/4 = 0,0491 \text{ mm}^2$
 $PD = 2349/0,0491 = \mathbf{47841 \text{ W/mm}^2}$

Problem 28.19 3 mm kalınlığındaki iki sac metal parçayı alını altına birleştirmek için elektron kaynağı işleminin uygulanmaktadır. Birim eritme enerjisi 5 J/mm³'tür. Kaynaklı bağlantının genişliği 0,35 mm ve dolayısıyla erimiş bölgenin kesit alanı 0,35 mm x 3,0 mm'dir. İvmelendirme gerilimi 25 kV, akım 30 miliamper, ısı transferi faktörü, f_1 , 0,85 ve eritme faktörü, f_2 , 0,75 ise, dikiş boyunca bu kaynak işleminin yapılabileceği kaynak hızını bulunuz.

Kaynak için gereken ısı $R_{HW} = f_1 f_2 EI = U_m A_w v$
Kaynak Hızı $v = f_1 f_2 EI / U_m A_w$
Kaynak dikişinin kesit alanı $A_w = (0,35)(3) = 1,05 \text{ mm}^2$
 $v = 0,85(0,75)(25 \times 10^3)(30 \times 10^{-3}) / (5 \times 1,05) = \mathbf{91,05 \text{ mm/s}}$

Problem 28.20 İki çelik levhayı birleştirmek için elektron kaynağı işleminin uygulanmaktadır. Levhaların her birinin kalınlığı 2,5 cm'dir. Birim eritme enerjisi 8 J/cm³'tür. Elektron demetinin parçalar üzerinde odaklandığı alan 1,5 mm ve dolayısıyla kaynağın genişliği (eni) 1,5 mm olmaktadır. İvmelendirme gerilimi 30kV, akım 35 miliamper, ısı transferi faktörü 0,7 ve eritme faktörü 0,55'tir. Elektron demetinin hareket hızı 125 cm/dk ise, nüfuziyet levha tabanına kadar olabilir (levha kalınlığının tamamını eritilebilir) mi? (Soru hatalı, soru Türkçeye çevrilirken metrik sistem birim dönüşümleri yapıldığından sonuçlar tutarsız çıkıyordu (sorunun birebir çevirisinde elektron demeti 27 metre derinliğe ulaşıyordu) birimlerde oynama yapıldı.)

Kaynak edilecek bölgedeki kaynak ağzının dikdörtgen kesite sahip olduğu düşünülürse, nüfuziyet derinliği d . $A_w = 1,5d$ or $d = A_w/1,5$
 $A_w = f_1 f_2 EI / U_m v = (0,7)(0,55)(30000)(0,035) / (8(125)) = 0,404 \text{ cm}^2$
 $d = A_w/D = (40,4 \text{ mm}^2) / (1,5 \text{ mm}) = \mathbf{27 \text{ mm}}$.
Elektron demeti levha kalınlığının tamamını eritebilmektedir.

Problem 28.21 Bir elektron kaynağı şu parametrelerle yapılmaktadır: ivmelendirme gerilimi 25KV, akım 100 miliamper ve elektron demetinin odaklandığı alanın çapı 0,05 cm'dir. Eğer ısı transferi faktörü 0,9 ise bu alandaki ortalama güç yoğunluğunu W/cm² cinsinden bulunuz.

Güç Yoğunluğu $PD = f_1 EI/A$

Elektron demetinin odaklandığı bölgenin alanı $A = \pi D^2/4 = \pi(0,05)^2/4 = 1,96 \times 10^{-3} \text{cm}^2$

Güç $P = 0,9(25 \times 10^3)(100 \times 10^{-3}) = 2250 \text{ W}$

$PD = 2250/1,96 \times 10^{-3} = \mathbf{1147959 \text{ W/cm}^2}$