

ÇALIŞMA SORULARI VE ÇÖZÜMLERİ

DÖKÜM

BÖLÜM 9 - DÖKÜMÜN TEMEL PRENSİPLERİ

Örnek Problem 1. Dökümü yapılacak 1 m³ ötektik bir alaşım, bir pota içerisinde oda sıcaklığından ergime sıcaklığının 100 °C üzerindeki bir sıcaklığa ısıtılacaktır. Alaşımın yoğunluğu 7,5 g/cm³, ergime sıcaklığı 800 °C, katı metalin özgül ısısı 0,33 J/g°C, sıvı metalin özgül ısısı 0,29 J/g°C, ergitme ısısı 160 J/g olduğuna göre, ısıtma için gerekli ısı enerjisini hiç kayıp olmadığını varsayarak bulunuz.

Dökümhane sıcaklığını 25 °C ve sıvı ile katı metalin yoğunluğunun aynı olduğunu kabul edebiliriz. 1 m³ = 10⁶ cm³ ve verilen değerler denklemde yerine yazılırsa metalin ısıtılması için gerekli ısı:

$$H = (7,5) \times (10^6) \times [0,33 \times (800 - 25) + 160 + 0,29 \times (100)] = 3335 \times 10^6 \text{ J}$$

Örnek hesaplamaya rağmen, yukarıdaki eşitliğin önemi, hesaplanan değerlerin doğruluğunun sınırlı olması nedeniyle daha çok kavramsaldir. Denklem kullanımı bazı nedenlerden dolayı karmaşıktır. Bu nedenler, (1) katı bir metalin özgül ısısı ve diğer termal özelliklerinin sıcaklıkla değişmesi (özellikle metal ısıtma esnasında faz dönüşümüne uğruyorsa), (2) bir metalin özgül ısısının katı ve sıvı hallerde farklı olabilmesi, (3) dökümü yapılan malzemelerin çoğu alaşım olduğundan ve alaşımların belirli bir ergime sıcaklığından ziyade katılaşma ve sıvılaşma eğrileri arasındaki bir sıcaklık aralığında ergimeleri dolayısıyla ergitme ısısının örnek problemdeki gibi basitçe kullanılamaması, (4) yukarıda verilen eşitlikte hesaplama için gerekli değerlerin belirli bir alaşım için hazır bir şekilde mevcut olmaması ve (5) ısıtma esnasında önemli oranda ısı kaybının gerçekleşmesidir.

Örnek Problem 2. Bir kalıp düşey yolluğunun uzunluğu 20 cm ve tabandaki kesit alanı 2,5 cm²'dir. Düşey yolluk, hacmi 1560 cm³ olan kalıp boşluğuna sıvı nakleden yatay bir yolluğu beslediğine göre, (a) sıvı metalin düşey yolluk tabanındaki akış hızını, (b) hacimsel debiyi, ve (c) kalıbın dolma süresini hesaplayınız.

(a) Düşey yolluk tabanındaki sıvı metalin akış hızı:

$$v = \sqrt{2 \times (981) \times (20)} = 198,1 \text{ cm/s}$$

(b) Hacimsel debi:

$$Q = (2,5 \text{ cm}^2) \times (198,1 \text{ cm/s}) = 495 \text{ cm}^2/\text{s}$$

(c) Bu debide 1560 cm³ hacmindeki bir kalıp boşluğunun dolma süresi:

$$T_{MF} = \frac{1560}{495} = 3,2 \text{ s}$$

Örnek Problem 3. Kum kalıba dökümde kullanılmak üzere silindirik bir besleyici tasarımı gerekmektedir. Döküm parçası, 7,5 cm x 12,5 cm x 2,0 cm ölçülerinde dikdörtgen prizması şeklinde olup çelikten dökülecektir. Ön çalışmalar bu döküm parçası için toplam katılaşma süresinin (T_{TS}) 1,6 dakika olduğunu göstermiştir. Silindirik besleyicinin çap/yükseklik (D/H) oranı 1,0 olduğuna göre, toplam katılaşma süresi 2,0 dakika olması için besleyici boyutlarının ne olması gerektiğini bulunuz.

İlk önce döküm parçasının hacim/yüzey alanı (V/A) oranı bulunur. Parçanın hacmi, $V = 7,5 \times 12,5 \times 2,0 = 187,5 \text{ cm}^3$ ve yüzey alanı, $A = 2 \times [(7,5 \times 12,5) + (7,5 \times 2,0) + (12,5 \times 2,0)] = 267,5 \text{ cm}^2$ bulunur. $T_{TS} = 1,6$ dakika verildiğine göre, kalıp sabiti, C_m , $n = 2$ alınarak hesaplanabilir.

$$C_m = \frac{T_{TS}}{(V/A)^2} = \frac{1,6}{(187,5 \times 267,5)^2} = 3,26 \text{ dk/cm}^2$$

Sonra, aynı kalıp sabiti kullanılarak toplam katılma süresi 2,0 dakika olacak bir besleyici tasarlamak gerekir. Besleyicinin hacmi şu şekilde bulunur:

$$V = \frac{\pi x D^2 x H}{4}$$

ve yüzey alanı da şöyle bulunabilir:

$$A = \pi x D x H + \frac{2 x \pi x D^2}{4}$$

D/H oranı 1,0 olduğundan, $D=H$ bulunur. Hacim ve yüzey alanı formüllerinde D yerine H yazarak, V ve A aşağıdaki gibi bulunur:

$$V = \frac{\pi x D^3}{4}$$

$$A = \pi x D^2 + \frac{2 x \pi x D^2}{4} = 1,5 \pi D^2$$

V/A'dan D/6 bulunur. Bu değeri Chvorinov eşitliğinde yerine koyarak;

$$T_{TS} = 2,0 = 3,26 x \left(\frac{D}{6}\right)^2 = 0,09056 D^2$$

$$D^2 = \frac{2,0}{0,09056} = 22,086 \text{ cm}^2$$

$D = 4,7 \text{ cm}$ bulunur, $D = H$ olduğundan, yükseklik de, $H = 4,7 \text{ cm}$ 'dir.

Besleyici (çıkıcı) hacminin, döküm sonrası döküm parçasından ayrılarak hurdaya giden bir parça olması ve bir sonraki döküm işleminde tekrar ergitilmesi gerektiğinden, mümkün mertebe küçük olması arzu edilir. Besleyici geometrisi, normal olarak V/A oranı yüksek olacak şekilde seçildiğinden, bu aynı zamanda besleyici hacminin mümkün mertebe küçük olmasını sağlar. Örnek problemdeki besleyicinin hacmi, toplam katılma süresi döküm parçasının katılma süresinden %25 daha fazla olmasına rağmen, hacmi $V = \pi x (4,7)^3 / 4 = 81,5 \text{ cm}^3$ 'tür, yani döküm parçasının sadece %44'ü kadardır.

Besleyiciler farklı şekillerde tasarlanabilir. Örneğin yan besleyiciler kalıp boşluğuna yatay bir yolluk ile bağlanır. Üst besleyiciler ise, döküm parçasının üstüne gelecek şekilde yerleştirilir. Besleyiciler açık veya kapalı olabilir. Bir açık besleyici, üst derecenin yüzeyinden dışarı açılır. Bu tip besleyicilerin dezavantajı, daha fazla ısı kaybına yol açtığından, hızlı katılma neden olmasıdır. Kapalı besleyici ise tamamıyla kalıp içerisindedir.

Problem 9.1 40 cm çapında ve 5 cm kalınlığında disk şeklinde bir parça saf alüminyumdan açık kalıpta dökülecektir. Alüminyumun ergime sıcaklığı yaklaşık 660 °C olduğundan döküm sıcaklığı da 800 °C alınacaktır. Bu sıcaklığa ısıtılacak Al miktarının kalıp boşluğunu doldurmak için gerekli olan alüminyumdan %5 fazla olduğunu kabul ediniz. Başlangıç sıcaklığı 25 °C ise, metali eritme sıcaklığına ısıtmak için gerekli ısı miktarını hesaplayınız. Alüminyum eritme ısısı = 389,3 J/g'dır. Alüminyumun özgül ısısının sıvı ve katı hallerde eşit olduğunu kabul ediniz.

$$\text{Hacim} = V = \pi \times D^2 \times h / 4 = \pi \times (40)^2 \times (5) / 4 = 6283,2 \text{ cm}^3$$

$$\text{Isıtılacak alüminyumun hacmi} = 6283,2 \times (1,05) = 6597,3 \text{ cm}^3$$

$$\text{Alüminyumun yoğunluğu } \rho = 2,70 \text{ g/cm}^3 \text{ ve özgül ısısı } C = 0,21 \text{ Cal/g-}^\circ\text{C} = 0,88 \text{ J/g-}^\circ\text{C}$$

$$\text{Gereken Isı} = 2,70 \times (6597,3) \times \{0,88 \times (660 - 25) + 389,3 + 0,88 \times (800 - 660)\} = 17.812,71 \times \{558.8 + 389,3 + 123,2\} = \mathbf{19.082.756 \text{ J}}$$

Problem 9.2 Açık kalıpta iri bir levhayı dökmek için yeterli miktarda saf Cu ısıtılacaktır. Levhanın uzunluğu 50 cm, eni 25 cm ve kalınlığı 7,5 cm'dir. Metali döküm sıcaklığı olan 1175 °C'ye ısıtmak için gerekli ısı miktarını hesaplayınız. Isıtılacak metal miktarının kalıp boşluğunu doldurması için gerekli olan metalden %10 fazla olduğunu kabul ediniz. Malzeme özellikleri şunlardır; yoğunluk = 0,009 kg/cm³, erime sıcaklığı = 1083 °C, metalin katı haldeki özgül ısısı = 0,39 J/g°C, metalin sıvı haldeki özgül ısısı = 0,038 J/g°C ve eritme ısısı = 186 kJ/kg.

$$\text{Hacim} = V = (50 \times 25 \times 7,5)(1 + 10\%) = 9375 \times (1,1) = 10312,5 \text{ cm}^3$$

$$T_0 = 25 \text{ }^\circ\text{C} \text{ olarak alınır}$$

$$H = 9 \times 10312,5 \{0,39(1083 - 25) + 186 + 0,038(1175 - 1083)\} = 38.296.483,25 \text{ J}$$

Problem 9.3 Belirli bir kalıbın yolluk sistemine sıvı nakleden düşey yolluk boyu 175 mm'dir. Düşey yolluğun tabanında kesit alanı 400 mm²'dir. Kalıp boşluğunun hacmi 0,001 m³'tür. (a) düşey yolluğun tabanında akan sıvı metalin hızını, (b) akışın hacimsel debisini ve (c) kalıp boşluğunun doldurulması için gerekli süreyi hesaplayınız.

$$(a) \text{ Hız} = v = (2 \times 9815 \times 175)^{0,5} = (3,435,096)^{0,5} = \mathbf{1853 \text{ mm/s}}$$

$$(b) \text{ Hacimsel Debi} = Q = v \times A = 1853 \times 400 = \mathbf{741.200 \text{ mm}^3/\text{s}}$$

$$(c) \text{ Kalıp Boşluğunun Doldurulması için Gereken Süre } T = V/Q = 1.000.000/741.200 = \mathbf{1,35 \text{ s}}$$

Problem 9.4 Bir kalıbın düşey yolluğunun boyu 15 cm'dir. Düşey yolluğun tabanındaki kesit alanı 3,125 cm²'dir. Düşey yolluk, hacmi 1172 cm³ olan kalıp boşluğunu besleyen yatay yolluğa bağlıdır. (a) düşey yolluğun tabanında akan sıvı metalin hızını, (b) akışın hacimsel debisini ve (c) kalıp boşluğunun doldurulması için gerekli süreyi bulunuz.

$$(a) \text{ Hız} = v = (2 \times 981,5 \times 15)^{0,5} = (29.445)^{0,5} = \mathbf{171 \text{ cm/s}}$$

$$(b) \text{ Hacimsel Debi} = Q = vA = 171 \times 3,125 = \mathbf{534,3 \text{ cm}^3/\text{s}}$$

$$(c) \text{ Kalıp Boşluğunun Doldurulması için Gereken Süre } T = V/Q = 1172/534,3 = \mathbf{2,2 \text{ s}}$$

Problem 9.5 Sıvı metalin bir kalıbın düşey yolluğu içerisine akış 1 L/s'dir. Düşey yolluğun üst kısmında kesit alanı 800 mm² ve uzunluğu 175 mm'dir. Sıvı metalin bünyesine gaz almasını önlemek için düşey yolluk tabanının kesit alanı ne olmalıdır?

$$\text{Debi } Q = 1.0 \text{ L/s} = 1,000,000 \text{ mm}^3/\text{s}$$

$$\text{Hız} = v = (2 \times 9815 \times 175) \times 0,5 = 1854 \text{ mm/s}$$

$$\text{Taban Kesit Alanı} = A = 1,000,000/1854 = \mathbf{540 \text{ mm}^2}$$

Problem 9.6 Havşadan düşey yolluğa akan sıvı metalin hacimsel debisi $780 \text{ cm}^3/\text{s}$ 'dir. Havşadan sıvı metalin düşey yolluğa girdiği noktada kesit alanı $6,25 \text{ cm}^2$ 'dir. Düşey yolluğun boyu 20 cm olduğuna göre tabanındaki kesit alanının ne olması gerektiğini hesaplayınız. Sıvı metal bünyesinde gaz oluşumunu önlemek için düşey yolluğun üst kısmında ve tabanında debinin sabit olması istenir.

$$\text{Tabandaki Hız} = v = (2gh)^{0,5} = (2 \times 981,5 \times 20)^{0,5} = 198 \text{ cm/s}$$

$$\text{Hacimsel Sürekliliğin Olduğu Varsayılırsa, Taban Kesit Alanı} = A = (780 \text{ cm}^3/\text{s}) / (1/198 \text{ s/cm}) \\ = (780 \text{ cm}^3/\text{s}) \times (0,005 \text{ s/cm}) = \mathbf{3,9 \text{ cm}^2}$$

Problem 9.7 Sıvı metal bir kum kalıbın havşası içerisine $1000 \text{ cm}^3/\text{s}$ 'lik sabit bir debi ile dökülüyor. Sıvı metal havşayı doldurduktan sonra düşey yolluk içerisine akıyor. Düşey yolluğun üst kısmı yuvarlak bir kesit alanına sahip ve çapı $3,4 \text{ cm}$ 'dir. Düşey yolluğun boyu 25 cm ise tabanda aynı hacimsel debiyi korumak için uygun olan kesit alanını hesaplayınız.

$$\text{Tabandaki Hız} = v = (2gh)^{0,5} = (2 \times 981 \times 25)^{0,5} = 221,5 \text{ cm/s}$$

$$\text{Hacimsel Sürekliliğin Olduğu Varsayılırsa, Taban Kesit Alanı} A = (1000 \text{ cm}^3/\text{s}) / (221,5 \text{ cm/s}) \\ = 4,51 \text{ cm}^2$$

$$\text{Düşey Yolluğun Alanı} = A = \pi D^2/4; \text{ Formül Yeniden Düzenlenirse, } D^2 = 4A/\pi = 4(4,51)/\pi = 5,74 \text{ cm}^2$$

$$\mathbf{D = 2,39 \text{ cm}}$$

Problem 9.8 Sıvı metalin bir kum kalıba dökümü esnasında, sıvı metal düşey yolluğa kalıp boşluğunu dolduruncaya kadar sabit bir debide dökülüyor. Sıvı metalin dökümü sonunda düşey yolluk tamamen doluyor ve havşada hiç sıvı metal kalmıyor. Düşey yolluğun boyu 15 cm , üst kısmında kesit alanı 5 cm^2 ve tabandaki kesit alanı $3,75 \text{ cm}^2$ 'dir. Sıvı metali düşey yolluktan hacmi 1015 cm^3 olan kalıp boşluğuna ileten yatay yolluğun kesit alanı $3,75 \text{ cm}^2$ ve uzunluğu 20 cm 'dir. Yatay yolluk üzerinde kalıp boşluğuna yakın bir yerde bulunan besleyicinin hacmi 390 cm^3 'dir. Döküm boşluğu, besleyici, yatay ve düşey yolluk dahil tüm kalıbın sıvı metal ile doldurulması toplamda $3,0 \text{ s}$ sürüyor. Bu süre teorik olarak gerekli süreden daha uzun olup, düşey yolluk ve yatay yollukla sürtünmeden dolayı hız kaybının olduğunu göstermektedir. (a) düşey yolluk tabanındaki teorik hızı ve hacimsel debiyi, (b) kalıbın toplam hacmini, (c) düşey yolluk tabanındaki gerçek hızı ve hacimsel debiyi ve (d) sürtünme nedeniyle yolluk sistemindeki yükseklik kaybını (kısalmayı) hesaplayınız

$$(a) \text{ Hız} = v = (2 \times 981,5 \times 15)^{0,5} = \mathbf{171,5 \text{ cm/s}}$$

$$\text{Hacimsel Debi} = Q = 171,5 \times 3,75 = \mathbf{643,1 \text{ cm}^3/\text{s}}$$

$$(b) \text{ Toplam Hacim} = V = 1015 + 390 + 0,5(5 + 3,75)(15) + 3,75(20) = \mathbf{1545,6 \text{ cm}^3}$$

$$(c) \text{ Gerçek Hacimsel Debi} = Q = 1545,6/3 = \mathbf{515,2 \text{ cm}^3/\text{s}}$$

$$\text{Gerçek Hız} = v = 515,2/3,75 = \mathbf{137,3 \text{ cm/s}}$$

$$(d) v = (2 \times 981,5 \times h)^{0,5} = 44,3 h^{0,5} = \mathbf{137,3 \text{ cm/s.}}$$

$$h^{0,5} = 137,3/44,3 = 3,1$$

$$h = 3,1^2 = \mathbf{9,61 \text{ cm}}$$

$$\text{Yükseklik Kaybı} = 15 - 9,61 = \mathbf{5,39 \text{ cm.}}$$

Problem 9.9 Model yapıcıların beyaz dökme demirden bir parça dökümünde kullanacakları çekme kuralını belirleyiniz. Büzülme değerini kullanarak cm cinsinden uzama olarak ifade ediniz.

Tablo 9.1'den beyaz dökme demir için doğrusal büzülme miktarı $\% 2,1$.

$$\text{Doğrusal büzülme} = 1 - 0,021 = 0,979.$$

Büzülmeden kaynaklanan uzama= $1/\text{doğrusal büzülme} = (0,979)^{-1} = 1,02145$
30 cm'lik bir parça için $L = 1,02145(30) = 30,6435$ cm
30 cm'lik bir parça için uzama miktarı = **0,643 cm**.

Problem 9.10 Model yapıcılarının çinkodan bir parçanın kokil kalıba dökümünde kullanacakları çekme kuralını belirleyiniz. Büzülme değerinin kullanarak 300 mm uzunlukta bir parçanın uzama miktarını mm cinsinden ifade ediniz.

Tablo 9.1'den çinko için doğrusal büzülme miktarı % 2,6

Doğrusal büzülme = $1 - 0,026 = 0,974$.

Büzülmeden kaynaklanan uzama= $1/\text{doğrusal büzülme} = (0,974)^{-1} = 1,0267$

300 mm için, $L = 1,0267 \times (300) = 308,008$ mm

300 mm'lik bir parça için uzama = **8,008 mm**

Problem 9.11 200 mm x 200 mm boyutlarında kare tabanlı yassı bir levha açık bir kalıpta dökülecektir. Kalıp derinliği 40 mm'dir. Kalıba toplam $1,000,000 \text{ mm}^3$ sıvı Al dökülecektir. Katılma büzülmesinin % 6, katılma sonucu ısıl büzülme nedeniyle oluşacak doğrusal büzülmenin ise % 1,3 olduğu bilinmektedir. Kalıptaki sıvı metal miktarı kare şekilli döküm parçasının 200 mm x 200 mm'lik boyutlarını katılma tamamlanmaya kadar dolduracak seviyede ise parçanın son ölçülerini bulunuz.

Sıvı metalin başlangıç hacmi = $1,000,000 \text{ mm}^3$. Sıvı metal kalıba döküldüğünde üretilecek parçaya ait açık kalıbın şeklini alacaktır. 200 mm x 200 mm boyutlarına sahip kalıbın hacmi 40.000 mm^2 'dir.

Ergimiş metalin başlangıç yüksekliği sıvı metalin ve kalıbın hacmi üzerinden hesaplanır ise;
 $1,000,000 / 40,000 = 25$ mm olarak bulunur.

Katılma büzülmesi % 6 ise, Alüminyumun katılaştığındaki hacmi = $1,000,000 \times (0,94) = 940,000 \text{ mm}^3$.

Sıvı metalin katılması sırasında açık kalıbın şeklini alması sebebiyle katılma sırasındaki taban alanı 200 mm x 200 mm'dir. Bu durumda sıvı metalde katılma sırasında yükseklik azalması sonucu sıvı metalin yüksekliği $940.000 / 40.000 = 23,5$ mm olarak bulunur.

Doğrusal büzülme = $1 - 0,013 = 0,987$

Alüminyumun % 1,3 doğrusal büzülme miktarı göz önüne alındığında levhanın son boyutu = $200 \times (0,987) \times 200(0,987) \times 23,5(0,987) = \mathbf{197,4 \text{ mm} \times 197,4 \text{ mm} \times 23,194 \text{ mm}}$.

Problem 9.12 Çelik döküm işleminde belirli kalıp şartlarında, önceki tecrübeye göre Chvorinov kuralındaki kalıp sabitinin $4,0 \text{ dk/cm}^2$ olduğu bilinmektedir. Döküm parçası, uzunluğu 30 cm, eni 10 cm ve kalınlığı 20 mm olan yassı levhadır. Bu döküm işleminde katılmanın ne kadar süreceğini bulunuz.

Hacim = $V = 30 \times 10 \times 2 = 600 \text{ cm}^3$

Alan = $A = 2 \times (30 \times 10 + 30 \times 2 + 10 \times 2) = 760 \text{ cm}^2$

Chvorinov Kuralı: $T_{TS} = C_m (V/A)^2 = 4 \times (600/760)^2 = \mathbf{2,49 \text{ dakika}}$

Problem 9.13 Bir önceki sorudaki problemi Chvorinov kuralındaki üs değerine 2,0 yerine 1,9 alarak çözünüz. Kalıp sabiti biriminde nasıl bir ayarlama yapmak gerekir?

Chvorinov Kuralı: $T_{TS} = C_m (V/A)^{1,9} = 4(600/760)^{1,9} = \mathbf{2,55 \text{ dakika}}$

Kalıp sabiti birimi $\text{dk/cm}^{1,9}$ olacaktır. Bu birim biraz garip görünse de Chvorinov'un ampirik kuralı ile uyumludur.

Problem 9.14 Disk şeklinde bir parça alüminyumdan dökülecektir. Diskin çapı 500 mm ve kalınlığı 20 mm'dir. Chvorinov kuralındaki kalıp sabiti 2,0 s/mm² ise, döküm parçasının katılma süresini bulunuz.

$$\text{Hacim} = V = \pi D^2 t / 4 = \pi (500)^2 (20) / 4 = 3.926.991 \text{ mm}^3$$

$$\text{Alan} = A = 2\pi D^2 / 4 + \pi D t = \pi (500)^2 / 2 + \pi (500)(20) = 424.115 \text{ mm}^2$$

$$\text{Chvorinov's Kuralı: } T_{TS} = C_m (V/A)^2 = 2.0(3.926.991/424.115)^2 = \mathbf{171,5 \text{ s} = 2,86 \text{ dakika}}$$

Problem 9.15 Kum kalıp kullanılarak yapılan belirli bir alaşımın döküm işleminde, küp şeklinde bir parçanın katılması 155 s sürmüştür. Küpün bir kenar uzunluğu 50 mm'dir. Aşağıdakileri bulunuz: (a) Chvorinov kuralındaki kalıp sabitini ve (b) aynı alaşım ve kalıp türü kullanılarak dökülen çapı 30 mm ve uzunluğu 50 mm olan silindirik bir parçanın toplam katılma süresini.

$$(a) \text{Hacim} = V = (50)^3 = 125.000 \text{ mm}^3$$

$$\text{Alan} = A = 6 \times (50)^2 = 15.000 \text{ mm}^2$$

$$(V/A) = 125.000/15.000 = 8,333 \text{ mm}$$

$$C_m = T_{TS} / (V/A)^2 = 155 / (8,333)^2 = \mathbf{2,232 \text{ s/mm}^2}$$

(b) $D = 30 \text{ mm}$ ve $L = 50 \text{ mm}$ olan silindirik parçanın dökümü için katılma süresi:

$$\text{Hacim} = V = \pi D^2 L / 4 = \pi (30)^2 (50) / 4 = 35.343 \text{ mm}^3$$

$$\text{Alan} = A = 2\pi D^2 / 4 + \pi D L = \pi (30)^2 / 2 + \pi (30)(50) = 6126 \text{ mm}^2$$

$$V/A = 35.343/6126 = 5,77$$

$$T_{TS} = 2,232 (5,77)^2 = \mathbf{74,3 \text{ s} = 1,24 \text{ dakika.}}$$

Problem 9.16 Silindirik bir çelik döküm parçasının çapı 10 cm ve ağırlığı 9 kg'dır. Bu parça 6,0 dakikada tamamen katılmaktadır. Aynı çap/uzunluk oranına sahip başka bir silindirik parçanın ağırlığı ise 5,4 kg'dır. Bu parça da aynı çelikten aynı kalıp ve döküm şartlarında dökülecektir. Aşağıdakileri bulunuz: (a) Chvorinov kuralındaki kalıp sabitini, (b) parçanın boyutlarını ve (c) daha hafif olan parçanın toplam katılma süresini. (Çeliğin yoğunluğu = 7850 kg/m³).

$$(a) \text{Çelik için, } \rho = 7850 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Ağırlık} = W = \rho V, \text{Hacim} = V = W/\rho = 9/7850 = 0,0012 \text{ m}^3$$

$$\text{Hacim} = V = \pi D^2 L / 4 = \pi (0,1)^2 L / 4 = 0,01\pi L = 0,0048 \text{ m}^3$$

$$\text{Uzunluk} = L = 0,0048 / 0,01\pi = 0,152 \text{ m}$$

$$\text{Alan} = A = 2\pi D^2 / 4 + \pi D L = 2\pi (0,1)^2 / 4 + \pi (0,1)(0,152) = 0,0634 \text{ m}^2$$

$$(V/A) = 0,0048 / 0,0634 = 0,0757$$

$$C_m = 6,0 / (0,0757)^2 = \mathbf{0,0343 \text{ dakika/m}^2}$$

(b) $w = 5,4 \text{ kg}$.

$$\text{Ağırlık hacim ile orantılı olduğundan: } V = (5,4/9)(0,0012) = 0,0072 \text{ m}^3$$

$$D/L \text{ oranı} = 0,1/0,152 = 0,65; \text{ Böylece } L = 1,538D$$

$$\text{Hacim} = V = \pi D^2 L / 4 = \pi (D)^2 (1,538D) / 4 = 1,208D^3$$

$$D^3 = (0,0072 \text{ m}^3) / 1,208 = 0,00596 \text{ m}^3$$

$$D = (0,00596)^{0,333} = \mathbf{0,18 \text{ m}}$$

$$L = 1,538(0,18) = \mathbf{0,27 \text{ m}}$$

$$(c) V = \pi D^2 L / 4 = \pi (0,18)^2 (0,27) / 4 = 0,00687 \text{ m}^3$$

$$A = 2\pi D^2 / 4 + \pi D L = 0,5\pi (0,18)^2 + \pi (0,18)(0,27) = 0,203 \text{ m}^2$$

$$V/A = 0,00687 / 0,203 = 0,033 \text{ m}$$

$$\text{m cinsinden cm cinsine bütün dönüşümler yapılırsa; } T_{TS} = 0,105(3,38)^2 = \mathbf{1,20 \text{ dakika}}$$

Problem 9.17 Üç farklı geometriye sahip döküm parçasının toplam katılma sürelerini karşılaştırılacaktır. Bu parçalar: (1) 10 cm çapında bir küre, (2) hem çapı hem de boyu 10 cm olan silindirik bir parça ve (3) her bir kenarı 10 cm olan küp şeklinde bir parça. Bu üç parça da aynı alaşımdan dökülecektir. Aşağıdakileri bulunuz: (a) her bir parçanın göreceli katılma süresini, (b) a şıkkının sonucuna göre, hangi geometrik şekil en iyi besleyici olabilir? Ve (c) Chvorinov kuralındaki kalıp sabiti 3,5 dk/cm² ise, her bir parçanın toplam katılma süresini.

Çözümün biraz daha kolaylaşması için 10 cm = 1 desimetre (1 dm) dönüşümünü yapalım.

(a) Chvorinov Kuralı: $T_{TS} = C_m(V/A)^2$

(1) Kürenin Hacmi = $V = \pi D^3/6 = \pi(1)^3/6 = \pi/6 \text{ dm}^3$

Kürenin Yüzey Alanı = $A = \pi D^2 = \pi(1)^2 = \pi \text{ dm}^2$

$V/A = (\pi/6)/\pi = 1/6 = 0,1667 \text{ dm}$

Chvorinov Kuralı = $T_{TS} = (0,1667)^2 C_m = \mathbf{0,02778 C_m}$

(2) Silindirin Hacmi = $V = \pi D^2 H/4 = \pi(1)^2(1)/4 = \pi/4 = 0,25\pi \text{ dm}^3$

Silindirin Yüzey Alanı = $A = 2\pi D^2/4 + \pi DL = 2\pi(1)^2/4 + \pi(1)(1) = \pi/2 + \pi = 1,5\pi \text{ dm}^2$

$V/A = 0,25\pi/1,5\pi = 0,1667 \text{ dm}$

Chvorinov Kuralı = $T_{TS} = (0,1667)^2 C_m = \mathbf{0,02778 C_m}$

(3) Küpün Hacmi = $V = L^3 = (1)^3 = 1 \text{ dm}^3$

Küpün Yüzey Alanı = $6L^2 = 6(1)^2 = 6 \text{ dm}^2$

$V/A = 1/6 = 0,1667 \text{ dm}$

Chvorinov Kuralı = $T_{TS} = (0,1667)^2 C_m = \mathbf{0,02778 C_m}$

(b) Bütün geometrik şekiller besleyici olarak eşittir.

(c) $C_m = 3,5 \text{ dk/cm}^2 = 350 \text{ dk/dm}^2$, böylece $T_{TS} = 0,02778(350) = \mathbf{9,723 \text{ dk}}$.

Not: Üç geometriye ait hacimlerin farklı olduklarını unutmamalıyız. Kürenin hacmi $V_{\text{küre}} = 524 \text{ cm}^3$, silindirin hacmi $V_{\text{silindir}} = 785,4 \text{ cm}^3$ ve küpün hacmi $V_{\text{küp}} = 1000 \text{ cm}^3$ 'tür. Bu durumda (b) şıkkında verdiğimiz cevabı tekrardan düşünebiliriz. En uygun besleyici olarak küre diğer geometrik şekillere göre en az malzemeyi (metali) boşa harcayacağından düşünülebilir.

Problem 9.18 Üç farklı geometriye sahip döküm parçasının toplam katılma süreleri karşılaştırılacaktır. Bu parçalar: (1) bir küre, (2) boy/çap oranı 1,0 olan bir silindir ve (3) bir küp. Tüm bu parçaların her birinin hacmi 1000 cm^3 'tür. Bu üç parça da aynı alaşımdan dökülecektir. Aşağıdakileri bulunuz: (a) her bir parçanın göreceli katılma süresini, (b) a şıkkının sonucuna göre, hangi geometrik şekil en iyi besleyici olabilir? ve (c) Chvorinov kuralındaki kalıp sabiti 3,5 dk/cm² ise, her bir parçanın toplam katılma süresini.

Çözümün biraz daha kolaylaşması için 10 cm = 1 desimetre (1 dm) dönüşümünü yapalım.

Böylece $100 \text{ cm}^3 = 1 \text{ dm}^3$ olacaktır.

(1) Kürenin Hacmi = $V = \pi D^3/6 = 1 \text{ dm}^3$. $D^3 = 6/\pi = 1,910 \text{ dm}^3$. $D = (1,910)^{0,333} = 1,241 \text{ dm}$

Kürenin Yüzey Alanı = $A = \pi D^2 = \pi(1,241)^2 = 4,836 \text{ dm}^2$

$V/A = 1/4,836 = 0,2067 \text{ dm}$

Chvorinov Kuralı = $T_{TS} = (0,2067)^2 C_m = \mathbf{0,0428 C_m}$

$$(2) \text{ Silindirin Hacmi} = V = \pi D^2 H / 4 = \pi D^3 / 4 = 1 \text{ dm}^3. D^3 = 4/\pi = 1,273 \text{ dm}^3$$

$$\text{Bu yüzden, } D = H = (1,273)^{0,333} = 1,084 \text{ dm}$$

$$\text{Silindirin Yüzey Alanı} = A = 2\pi D^2 / 4 + \pi D L = 2\pi(1,084)^2 / 4 + \pi(1,084)(1,084) = 5,536 \text{ dm}^2$$

$$V/A = 1/5,536 = 0,1806 \text{ dm}$$

$$\text{Chvorinov Kuralı} = T_{TS} = (0,1806)^2 C_m = \mathbf{0,0326 C_m}$$

$$(3) \text{ Küpün Hacmi} = V = L^3 = 1 \text{ dm}^3. L = 1 \text{ dm}$$

$$\text{Küpün Yüzey Alanı} = 6L^2 = 6(1)^2 = 6 \text{ dm}^2$$

$$V/A = 1/6 = 0,1667 \text{ dm}$$

$$\text{Chvorinov Kuralı} = T_{TS} = (0,1667)^2 C_m = \mathbf{0,02778 C_m}$$

(b) Küre en iyi besleyici olacaktır, çünkü V/A oranı en yüksektir.

$$(c) \text{ Verilen } C_m = 3.5 \text{ dk/cm}^2 = 350 \text{ dk/dm}^3$$

$$\text{Küre: } T_{TS} = 0,0428(350) = \mathbf{14,98 \text{ dakika}}$$

$$\text{Silindir: } T_{TS} = 0,0326(350) = \mathbf{11,41 \text{ dakika}}$$

$$\text{Küp: } T_{TS} = 0,02778(350) = \mathbf{9,72 \text{ dakika}}$$

Problem 9.19 Bir kum kalıba döküm işleminde silindirik bir besleyici kullanılacaktır. Belirli bir silindirik hacmi için, maksimum katılma süresinin hangi çap/uzunluk oranında gerekeceğini bulunuz.

T_{TS} değerini (katılma süresini) maksimum değerine ulaştırmak için, V/A oranının da maksimum değerine ulaşması gerekir.

$$\text{Silindirin Hacmi} = V = \pi D^2 L / 4 \quad L = 4V / \pi D^2$$

$$\text{Silindirin Yüzey Alanı} = A = 2\pi D^2 / 4 + \pi D L$$

Hacim hesabında çekilen L değeri, alan hesabından yerine yazılırsa;

$$A = \pi D^2 / 2 + \pi D L = \pi D^2 / 2 + \pi D (4V / \pi D^2) = \pi D^2 / 2 + 4 V / D$$

Alan denkleminin D'ye göre türevi alınır;

$$dA/dD = \pi D - 4 V / D^2 = 0 \quad \text{Yeniden Düzenlenirse, } \pi D = 4V / D^2$$

$$D^3 = 4 V / \pi$$

$$D = (4 V / \pi)^{0,333}$$

Önceden elde edilen L denkleminde, bulunan D değeri yerine yazılırsa;

$$L = 4V / \pi D^2 = 4V / \pi (4V / \pi)^{0,667} = (4V / \pi)^{0,333}$$

Böylece optimum değerler $D = L = (4V / \pi)^{0,333}$, olarak bulunur ve **optimum D/L oranı = 1 olarak belirlenir.**

Problem 9.20 Bir kum kalıba döküm işlemi için küre şeklinde bir besleyici tasarlanacaktır. Döküm parçası, uzunluğu 200 mm, genişliği 100 mm ve kalınlığı 18 mm olan dikdörtgen kesitli bir levhadır. Bu parçanın toplam katılma süresi 3,5 dakika ise, katılması döküm parçasından % 25 daha uzun süre alacak besleyici çapını bulunuz.

$$\text{Döküm Hacmi} = V = L W t = 200 \times (100) \times (18) = 360.000 \text{ mm}^3$$

$$\text{Döküm Yüzey Alanı} = A = 2 \times (200 \times 100 + 200 \times 18 + 100 \times 18) = 50.800 \text{ mm}^2$$

$$V/A = 360.000 / 50.800 = 7,0866$$

$$\text{Döküm için; } T_{TS} = C_m (7,0866)^2 = 3,50 \text{ dakika}$$

$$C_m = 3,5 / (7,0866)^2 = 0,0697 \text{ dk/mm}^2$$

$$\text{Besleyici Hacmi} = V = \pi D^3 / 6 = 0,5236 D^3$$

$$\text{Besleyici Yüzey Alanı} = A = \pi D^2 = 3,1416 D^2$$

$$V/A = 0,5236 D^3 / 3,1416 D^2 = 0,1667 D$$

$$T_{TS} = 1,25(3,5) = 4,375 \text{ dakika} = 0,0697(0,1667D)^2 = 0,001936D^2$$

$$D^2 = 4,375/0,001936 = 2259,7 \text{ mm}^2$$

$$D = 47,5 \text{ mm}$$

Problem 9.21 Bir kum kalıba döküm işlemi için silindirik bir besleyici tasarlanacaktır. Silindirin uzunluğu çapının 1,25 katıdır. Döküm parçası, her bir kenarı 25 cm ve kalınlığı 1,875 cm olan kare kesitli bir levhadır. Bu parça dökme demirden döküleceğine ve Chvorinov kuralındaki kalıp sabiti 2,56 dk/cm² olduğuna göre, katılaşması döküm parçasından % 30 daha uzun süre alacak besleyici boyutlarını bulunuz.

$$\text{Döküm Hacmi} = V = tL^2 = 1,875 \times (25)^2 = 1171,87 \text{ cm}^3$$

$$\text{Dökümün Yüzey Alanı} = A = 2L^2 + 4Lt = 2 \times (25)^2 + 4 \times (25) \times (1,875) = 1437,5 \text{ cm}^2$$

$$V/A = 1171,87/1437,5 = 0,815, \text{ Döküm için } T_{TS} = 2,56(0,815)^2 = 1,70 \text{ dakika}$$

$$\text{Besleyici için; } T_{TS} = 1,30 \times (1,70) = 2,21 \text{ dakika}$$

$$\text{Besleyici Hacmi} = V = \pi D^2 H / 4 = 0,25 \pi D^2 (1,25D) = 0,3125 \pi D^3$$

$$\text{Besleyici Yüzey Alanı} = A = 2\pi D^2 / 4 + \pi DH = 0,5\pi D^2 + 1,25\pi D^2 = 1,75\pi D^2$$

$$V/A = 0,3125\pi D^3 / 1,75\pi D^2 = 0,1786D$$

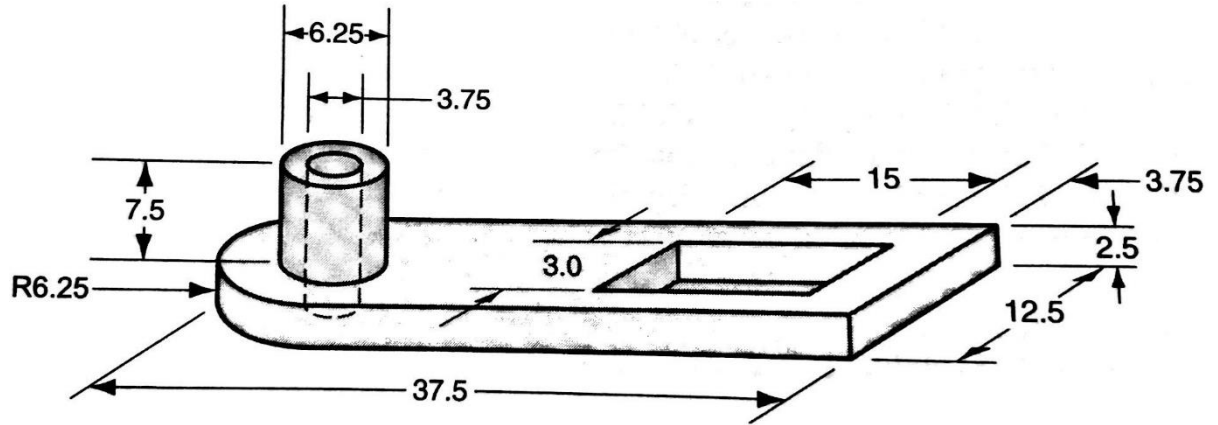
$$\text{Besleyici için } T_{TS} = 2,56(0,1786D)^2 = 2,56(0,03189)D^2 = 0,08165D^2 = 2,21 \text{ dakika}$$

$$D^2 = 2,21/0,08165 = 27,06$$

$$D = 5,20 \text{ cm}$$

$$H = 1,25(5,20) = 6,50 \text{ cm}$$

Problem 9.22 Bir kum kalıba döküm işlemi için çap/uzunluk oranı 1,0 olan silindirik bir besleyici tasarlanacaktır. Döküm parçasının geometrisi Şekil 1'de verilmektedir (birimler cm olarak verilmiştir). Chvorinov kuralındaki kalıp sabiti 3,12 dk/cm² olduğuna göre, katılaşması döküm parçasının katılaşmasından 0,5 dakika daha uzun süre alacak besleyici boyutlarını bulunuz.



Şekil 1. Problem 9.22'deki döküm parçasının geometrisi (birimler cm'dir).

Döküm Hacmi = $V = V_1(12,5 \times 25 \text{ cm dikdörtgen plaka}) + V_2(12,5 \text{ cm yarım daire}) + V_3(\text{yukarı doğru çıkan tüp şeklinde parça}) - V_4(3 \text{ cm} \times 15 \text{ cm dikdörtgen boşluk}).$

$$V_1 = 12,5 \times 31,25 \times 2,5 = 976,625 \text{ cm}^3$$

$$V_2 = 0,5\pi(12,5)^2(2,5)/4 = 153,398 \text{ cm}^3$$

$$V_3 = 7,5\pi(6,25)^2/4 - 10\pi(3,75)^2/4 = 341,4 \text{ cm}^3$$

$$V_4 = 3 \times 15 \times 2,5 = 112,5 \text{ cm}^3$$

$$\text{Toplam Hacim} = V = 976,625 + 153,398 + 341,4 + 112,5 = 1583,92 \text{ cm}^3$$

$$\text{Toplam Yüzey Alanı} = A = 2,5 \times 12,5 + 2,5(31,25 + 6,25\pi + 31,25) + 2(15+3) + 2(12,5 \times 31,25 - 15 \times 3) + 2(0,5\pi(12,5)^2/4) - 2(3,75)^2\pi/4 + 2,5\pi(7,5) + 1,5\pi(7,5+2,5) = 1214,648 \text{ cm}^3$$

$$V/A = 1583,92/1214,648 = 1,30 \text{ cm}$$

$$\text{Döküm } T_{TS} = 3,12(1,30)^2 = 5,27 \text{ dakika}$$

Besleyici Dizaynı İçin:

$$\text{Besleyicinin Katılma Süresi } T_{TS} = 5,27 + 0,5 = 5,77 \text{ dakika}$$

$$\text{Besleyici Hacmi} = V = \pi D^2 L/4 = \pi D^3/4 = 0,25\pi D^3$$

$$\text{Besleyici Alanı} = A = \pi DL + 2\pi D^2/4 = \pi D^2 + 0,5\pi D^2 = 1,5\pi D^2$$

$$V/A = 0,25\pi D^3/1,5\pi D^2 = D/6$$

$$T_{TS} = C_m(V/A)^2$$

$$5,77 = 3,12(D/6)^2 = 0,0866D^2$$

$$D^2 = 5,77/0,0866 = 66,62 \text{ cm}^2 \quad \mathbf{D = 8,162 \text{ cm ve } L = 8,162 \text{ cm bulunur.}$$

BÖLÜM 10 – DÖKÜM YÖNTEMLERİ

Örnek Problem 1. Kumdan yapılmış bir maçanın hacmi 1875 cm^3 olup, kum kalıp içerisindeki boşluğa yerleştirilmiştir. Sıvı kurşunun kalıba dökülmesi esnasındaki maçayı kaldırmaya çalışan kuvveti bulunuz.

Kum maçanın yoğunluğu $1,6 \text{ g/cm}^3$, dolayısıyla maçanın ağırlığı $1875 \times (1,6) = 3000 \text{ g} = 3,0 \text{ kg}$, kurşunun yoğunluğu $11,3 \text{ g/cm}^3$, maça tarafından yerinden edilen kurşunun ağırlığı $1875 \times (11,3) = 21188 \text{ g} = 21,19 \text{ kg}$ 'dır. Bulunan değerler kaldırma kuvveti eşitliğinde yerine koyulursa kaldırma kuvveti (F_b); $F_b = 21,19 - 3 = 18,19 \text{ kg}$ olarak bulunur. $1 \text{ kg} = 9,81 \text{ N}$ olduğuna göre, $F_b = 9,81 \times (18,19) = 178,4 \text{ N}$ 'dur.

Örnek Problem 2. Dış çapı, D_0 , 25 cm ve iç çapı, D_i , $22,5 \text{ cm}$ olan bakırdan bir boru gerçek savurma döküm yöntemi ile üretilecektir. Bu borunun dökümünde G-faktörü 65 olarak alınacaksa hangi devir hızı kullanılmalıdır.

Kalıbın iç çapı, döküm parçasının dış çapına eşit olduğuna göre ($D = D_0$), $D = 25 \text{ cm} = 0,25 \text{ m}$ 'dir. Gerekli devir hızı aşağıdaki gibi hesaplanabilir;

$$N = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{2 \times (9,8) \times (26)}{0,25}} = 61,7 \text{ dev/dk}$$

Problem 10.1 Bir Al-Cu döküm alaşımı (% 92 Al - % 8 Cu), 20 kg ağırlığında kumdan bir maça kullanılarak kum kalıpta dökülecektir. Döküm esnasında maçayı yukarı kaldırmaya çalışan kaldırma kuvvetini hesaplayınız.

$$\text{Kum Yoğunluğu} = 1,6 \text{ g/cm}^3 = 0,0016 \text{ kg/cm}^3$$

$$\text{Maça Hacmi} = V = 20/0,0016 = 12,500 \text{ cm}^3$$

$$\text{Al-Cu alaşımının yoğunluğu, } \rho = 2,81 \text{ g/cm}^3 = 0,00281 \text{ kg/cm}^3 \text{ (Tablo 10.1).}$$

$$\text{Yer Değiştiren Al-Cu Kütlesi} = W = 12,500(0,00281) = 35,125 \text{ kg}$$

$$\text{Kaldırma Kuvveti} = F_b = W_m - W_c = (35,125 - 20) \times 9,815 = \mathbf{148,5 \text{ N}}$$

Problem 10.2 Kalıp boşluğuna yerleştirilen bir kum maçanın hacmi 2450 cm^3 'tür. Isıtmak için gerekli ısı miktarını hesaplayınız. Bu döküm işleminde dökme demirden pompa gövdesi

dökülecektir. Döküm esnasında maçıyı yukarı kaldırmaya çalışacak olan kaldırma kuvvetini hesaplayınız.

$$\text{Kumun Yoğunluğu} = 1,6 \text{ g/cm}^3 = 0,0016 \text{ kg/cm}^3$$
$$W_c = 2450(1,6) = 3920 \text{ g} = 3,92 \text{ kg}$$

$$\text{Tablo 10.1' den dökme demirin yoğunluğu } \rho = 7,16 \text{ g/cm}^3$$
$$W_m = 2450(7,16) = 17.542 \text{ gr} = 17,542 \text{ kg}$$
$$F_b = W_m - W_c$$
$$F_b = 17,542 - 3,92 = \mathbf{17,53 \text{ kg.}}$$

Problem 10.3 Bir kum kalıp içerisindeki kumdan bir maçıyı desteklemek için maça destekleri kullanılmaktadır. Maça desteklerinin tasarımı ve 45 N'luk bir yük taşıyacak şekilde yapılmıştır. Desteklemek amacıyla maçanın altına birçok destek yerleştirilmiştir. Döküm esnasındaki kaldırma kuvvetini karşılamak üzere maçanın üstüne de birçok destek yerleştirilmiştir. Eğer maçanın hacmi 5075 cm^3 ve dökülen metal pirinç ise, (a) maçanın altına ve (b) maçanın üstüne yerleştirilmesi gereken minimum destek sayısını hesaplayınız.

$$\text{Kumun Yoğunluğu} = 1.6 \text{ g/cm}^3 = 0,0016 \text{ kg/cm}^3$$
$$\text{Tablo 10.1' den pirincin yoğunluğu } \rho = 8,62 \text{ g/cm}^3$$

$$(a) W_c = 5075(1,6) = \mathbf{8120 \text{ gr.} = 8,12 \text{ kg.}}$$
$$F_{WC} = 8,12 \times 9,81 = 79,65 \text{ N}$$

Bu durumda maçanın altına en az 2 adet destek gerekmektedir. Ancak döküm stabilitesine ulaşılması için 3 veya 4 adet gerekecektir.

$$(b) W_m = 5075(8,62) = 43.740 \text{ gr} = 43,74 \text{ kg.}$$
$$F_b = (43,74 - 8,12) \times 9,81 = 350 \text{ N}$$

Kaldırma kuvvetine direnç gösterilmesi için maçanın üzerine ise en az 7 adet destek yerleştirilmelidir.

Problem 10.4 Çelik bir dökümde iç boşluk elde etmek için kullanılan bir kum maça 23 kg'lık bir kaldırma kuvvetine maruz kalmaktadır. Döküm parçasının dış yüzeyini oluşturan kalıp boşluğunun hacmi 5000 cm^3 'tür. Döküm parçasının son ağırlığı ne olur? Büzülmeyi ihmal ediniz.

$$\text{Kumun Yoğunluğu} = 1.6 \text{ g/cm}^3, \text{ Çelik döküm yoğunluğu } \rho = 7,82 \text{ g/cm}^3$$
$$F_b = W_m - W_c = 7.82V - 1.6V = 6.22V = 23 \text{ kg} = 23,000 \text{ g} \Rightarrow V = 3698 \text{ cm}^3$$
$$\text{Kalıp Boşluğunun Hacmi} = V = 5000 \text{ cm}^3$$
$$\text{Dökümün Hacmi} = V = 5000 - 3698 = 1302 \text{ cm}^3$$
$$\text{Döküm parçasının son ağırlığı} = W = 1302(7,82) = 10.184 \text{ g} = \mathbf{10,184 \text{ kg}}$$

Problem 10.5 Bakırdan boru üretmek için yatay gerçek savurma döküm işlemi uygulanacaktır. Borunun boyu 1.5 m, dış çapı 15.0 cm ve iç çapı da 12.5 cm'dir. Döküm işleminde 1000 dev/dk'lık bir devir hızı kullanıldığına göre, G-faktörünü hesaplayınız.

$$GF = R(\pi N/30)^2/g = 7.5(\pi(1000)/30)^2/981 = \mathbf{83.8}$$

Problem 10.6 Dökme demirden boru parçaları üretmek için yatay gerçek savurma döküm işlemi uygulanacaktır. Parçaların boyu 105 cm, dış çapı 20 cm ve et kalınlığı 1.25 cm'dir. Devir hızı 500 dev/dk ise, G-faktörünü hesaplayınız. Bu döküm işlemi başarılı bir şekilde yapılabilir mi?

Döküm için dış çap alınır; $R = 0.5(20) = 10$ cm.

$$v = \pi RN/30 = \pi(10)(500)/30 = 523,6 \text{ cm/s.}$$

$$GF = v^2/Rg = (523,6)^2/(10 \times 981) = \mathbf{27,9}$$

G-faktörü değeri 60'dan az olduğu için, dönüş hızı bu dökümün gerçekleştirilmesi için yeterli değildir.

Problem 10.7 Boyu 10 cm, dış çapı 15 cm ve iç çapı 12 cm olan pirinç burçlar yatay gerçek savurma döküm yöntemi ile üretilecektir. (a) G-faktörünün 70 olması için gerekli devir hızını hesaplayınız. (b) Bu hızda çalışılırken, sıvı metalin kalıbın iç yüzeyine uyguladığı metre kare başına santrifüj kuvveti (Pa) nedir?

(a) Döküm için parçanın dış çapı alınır. Parçanın dış çapı kalıbın iç çapına eşittir.

$$D = 15 \text{ cm}$$

$$N = (30/\pi)(2g \times 70/15)^{0,5} = \mathbf{913,7 \text{ dev/dk.}}$$

(b) Kalıp duvar genişliği olarak 1 cm kullanılırsa;

$$\text{Kalıp duvarının alanı} = A = \pi d_0 L = \pi(15 \text{ cm})(1 \text{ cm}) = 15\pi \text{ cm}^2 = 15\pi(10^{-4}) \text{ m}^2$$

$$\text{Döküm Metali Hacmi} = V = \pi(R_o^2 - R_i^2)(1) = \pi((7,5)^2 - (6)^2) \times (1) = 63,62 \text{ cm}^3$$

$$\text{Kütle} = m = (8,62 \text{ g/cm}^3)(63,62 \text{ cm}^3) = 548,4 \text{ g} = 0,5484 \text{ kg}$$

$$v = \pi RN/30 \text{ Ortalama Çap Kullanılırsa; } R = (7,5 + 6)/2 = 6,75 \text{ cm}$$

$$v = \pi(6,75)(913,7)/30 = 645,86 \text{ cm/s} = 6,4585 \text{ m/s}$$

$$\text{Kalıbın iç yüzeyine uygulanan metre kare başına santrifüj kuvveti} = F_c/A, F_c = mv^2/R$$

$$F_c = (0,5484 \text{ kg})(6,4586 \text{ m/s})^2/(6,75 \times 10^{-2} \text{ m}) = 338,9 \text{ kg-m/s}^2$$

$$1 \text{ N} = 9,81 \text{ kg-m/s}^2, F_c = 338,9/9,81 = 34,55 \text{ N}$$

Problem 10.8 Bakır boru parçaları üretmek için yatay gerçek savurma döküm uygulanacaktır. Boruların boyu 1 m, çapı 0.25 m ve et kalınlığı 15 mm'dir. (a) borunun devir hızı 700 dev/dk ise, G-faktörünü hesaplayınız. (b) Devir hızı 'damlamayı' engellemeye yeterli midir? (c) eğer katılaşma sonrası büzülme ve çekme dikkate alınırsa döküm parçasını elde etmek için ne kadar sıvı metal kalıba dökülmelidir? Bakırın katılaşma esnasındaki büzülme miktarı % 4.5 ve katı haldeki ısı çekme miktarı % 7.5'tir.

$$(a) GF = v^2/Rg \quad g = 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$v = \pi RN/30 = \pi \times (0,125) \times (700)/30 = 9,163 \text{ m/s}$$

$$GF = (9,163)^2/(0,125 \times 9,8) = \mathbf{68,54}$$

(b) G-faktörü ve devir hızı damlamayı engellemeye yeterlidir. ($GF > 60$)

(c) Katılaşma ve soğuma sonrası hacim;

$$V = (0,25^2 - (0,25-0,03)^2)\pi \times 1/4 = 0,25\pi(0,25^2 - 0,22^2) = 0,011074 \text{ m}^3$$

Bakır için katılaşma büzülmesi = %4.5 ve katı haldeki ısı çekme miktarı = % 7.5 hesaba katılırsa;

$$\text{Dökülecek sıvı metalin hacmi} = V = 0,011074/(1 - 0,045)(1 - 0,075) = \mathbf{0,01254 \text{ m}^3}$$

Problem 10.9 Eğer bir gerçek savurma döküm işlemi dünya çevresinde dönen bir uzay istasyonunda gerçekleştirilseydi, yer çekimi olmaması işlemi nasıl etkilerdi?

Ergimiş metalin kütlesi yer çekiminin olmamasından etkilenmeyecek, ancak ağırlığı sıfır olacaktır. Bu nedenle, G faktörü denkleminde ($GF = v^2/Rg$), $GF = 0$ olursa teorik olarak sonsuzluğa gidecektir. Santrifüj dökümde metal, döküm boşluğu içerisinde “damlama” olmadan kalıbın duvarlarına karşı zorlanmalıdır. Bu zorlanma olmadan sıvı metalin santrifüj hareketini başlatması için mümkün değildir. Yer çekimi olmadığında ergimiş metalin hem kalıp boşluğuna dökülmesi hem de kalıp duvarlarına yapışması mümkün olmayacağından santrifüj döküm yerçekimsiz ortamda gerçekleştirilemez.

Problem 10.10 Boyu 5 cm, dış çapı 65 cm ve iç çapı 60 cm olan alüminyum halkalar yatay gerçek savurma döküm kullanılarak üretilenlerdir. (a) G-faktörünün 60 olmasını sağlayacak devir hızını hesaplayınız. (b) halkaların alüminyum yerine çelikten yapıldığını varsayalım. Eğer (a) şıkkında hesaplanan devir hızı kullanıldığında G-faktörünün ne olacağını hesaplayınız. (c) çelik halka dökümünde kalıp cidarına etkiyecek metre kare başına santrifüj kuvvetini (Pa) hesaplayınız. (d) Bu devir hızı döküm işleminin başarılı olması için yeterli midir?

(a) Kalıbın iç çapı kullanılırsa; $D = D_o = 65 \text{ cm}$, $g = 981 \text{ cm/s}^2$,
 $N = 30(2g \times GF/D)^{0.5}/\pi = 30(2 \times 981 \times 60/65)^{0.5}/\pi = \mathbf{406.4 \text{ dev/dk}}$

(b) Halkaların alüminyum yerine çelikten yapılması devir hızının hesaplanmasında kütle kullanılmadığından bir şey değiştirmeyecektir. Dolayısıyla (a) şıkkındaki devir sayısı bu şıkkın cevabıdır. $N = \mathbf{406.4 \text{ dev/dk}}$

(c) Hesaplamalarda 5 cm’lik halka uzunluğu baz alınır;

Kalıp Yüzeyinin Alanı $= A = \pi D_o L = \pi(65 \text{ cm})(5 \text{ cm}) = 1021 \text{ cm}^2 = 0.1021 \text{ m}^2$

Döküm Metalinin Hacmi $= V = \pi(R_o^2 - R_i^2)(L) = \pi((65/2)^2 - (60/2)^2)(5.0) = 2454.4 \text{ cm}^3$

Çeliğin Yoğunluğu $\rho = 7.87 \text{ g/cm}^3$

Kütle $= m = (7.87 \text{ g/cm}^3)(2454.4 \text{ cm}^3) = 19.315,9 \text{ g} = 19,316 \text{ kg}$

$v = \pi RN/30$ Ortalama Çap Kullanılırsa; $R = (65 + 60)/4 = 31.25 \text{ cm} = 0.3125 \text{ m}$

$v = \pi(31.25)(406.4)/30 = 1329.9 \text{ cm/s} = 13.299 \text{ m/s}$

Kalıp cidarına etkiyen metre kare başına santrifüj kuvveti $= F_c/A$, $F_c = mv^2/R$

$F_c = (19.316 \text{ kg})(13.299 \text{ m/s})^2/(0.3125 \text{ m}) = 10,932.1 \text{ kg-m/s}^2$

$1 \text{ N} = 9,81 \text{ kg-m/s}^2$, $F_c = 10.932,1/9,81 = 1114,4 \text{ N}$

$F_c/A = (1114,4 \text{ N})/(0,1021 \text{ m}^2) = \mathbf{10.914,7 \text{ N/m}^2} = \mathbf{10.914,7 \text{ Pa}}$

(d) G-Faktörünün 60 olması bu işlemin başarılı olması için yeterli olacaktır.

Problem 10.11 Bir önceki problemin (b) şıkkındaki çelik halka için kalıba dökülecek sıvı metal miktarını bulunuz. Sıvı haldeki büzülme % 0,5, katılaşma büzülmesi % 3 ve katı haldeki ısıl çekme miktarı da % 7,2’dir.

Dökümün son halinin hacmi $= V = \pi(R_o^2 - R_i^2)L = \pi(32,5^2 - 30^2)(5) = 2454,4 \text{ cm}^3$

Sıvı haldeki büzülme = % 0.5, çelik için katılaşma büzülmesi = % 3, ve katı haldeki ısıl çekme miktarı % 7,2 hesaba katılırsa;

Toplam hacimsel değişim;

$(1-0,005)(1-0,03)(1-0,072) = 0,8957$

Başlangıçta kalıba dökülecek sıvı metal miktarı $= V = 2454,4/(0.8957) = \mathbf{2740,2 \text{ cm}^3}$ olarak bulunur.

Problem 10.12 Bir kimya tesisinde kullanılmak üzere kurşun borular yatay gerçek savurma döküm yöntemi kullanılarak üretilecektir. Boruların boyu 0,5 m, dış çapı 70 mm ve et kalınlığı 6.0 mm'dir. G-faktörünün 60 olmasını sağlayacak devir hızını hesaplayınız.

$$D = 70 \text{ mm} = 0,07 \text{ m. } g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$N = 30(2g \times GF/D)^{0,5}/\pi = 30(2 \times 9,8 \times 60/0,07)^{0,5}/\pi = \mathbf{1237,7 \text{ dev/dk.}}$$

Problem 10.13 Boyu 25 cm ve dış çapı 15 cm olan boru parçaları dikey gerçek savurma döküm yöntemi ile üretilecektir. Borunun iç çapı üst kısmında 13,75 cm ve taban kısmında 12,5 cm'dir. Borularda bu ölçüleri elde edebilmek için, işlem esnasında borunun hangi devir hızında döndürülmesi gereklidir?

$$\text{Devir Hızı} = N = (30/\pi) \times (2 \times g \times L / (R_t^2 - R_b^2))^{0,5}$$

$$L = 15 \text{ cm} = 0,15 \text{ m}$$

$$R_t = 13,75/2 = 6,875 \text{ cm} = 0,06875 \text{ m}$$

$$R_b = 12,5/2 = 6,25 \text{ cm} = 0,0625 \text{ m}$$

$$N = (30/\pi)(2 \times 9,8 \times 0,15 / (0,06875^2 - 0,0625^2))^{0,5} = \mathbf{981,6 \text{ dev/dk}}$$

Problem 10.14 Uzunluğu 200 mm ve dış çapı 200 mm olan burçlar dikey gerçek savurma döküm yöntemi ile dökülecektir. Eğer işlemde kullanılan devir hızı 500 dev/dk ve parçanın alt kısmındaki iç çapı 150 mm ise, üst kısmındaki iç çapını bulunuz.

$$L = 200 \text{ mm} = 0,2 \text{ m. } R_b = 150/2 = 75 \text{ mm} = 0,075 \text{ m.}$$

$$N = (30/\pi)(2gL/(R_t^2 - R_b^2))^{0,5} = (30/\pi)(2 \times 9,8 \times 0,2 / (R_t^2 - 0,075^2))^{0,5}$$

$$N = (30/\pi)(3,92 / (R_t^2 - 0,005625))^{0,5} = 500 \text{ dev/dk}$$

$$(3,92 / (R_t^2 - 0,005625))^{0,5} = 500\pi/30 = 52,36$$

$$3,92 / (R_t^2 - 0,005625) = (52,36)^2 = 2741,56$$

$$R_t^2 - 0,005625 = 3,92 / 2741,56 = 0,00143$$

$$R_t^2 = 0,005625 + 0,001430 = 0,007055$$

$$R_t = (0,007055)^{0,5} = 0,08399 \text{ m} = 83,99 \text{ mm.}$$

$$D_t = 2(83,99) = \mathbf{167,98 \text{ mm.}}$$

Problem 10.15 Uzunluğu 37,5 cm ve dış çapı 20 cm olan bir pirinç boru dikey gerçek savurma döküm yöntemi kullanılarak dökülecektir. Katılma esnasındaki devir hızı 1000 dev/dk ve döküm parçasının son ağırlığı 35 kg ise, borunun üst ve taban kısımlarındaki iç çaplarını hesaplayınız.

$$\text{Pirinç için yoğunluk} = \rho = 8,62 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{Dökümün Hacmi} = V = 35000/8,62 = 4060 \text{ cm}^3$$

Kalıbın iç cidarlarının üst ve taban kısımlarının düz olduğu varsayılırsa (Parabolik şekil yaklaşımı uygulanırsa).

$$\text{Ortalama İç Çap} = R_i = (R_t + R_b)/2$$

$$\text{Volume } V = \pi(R_o^2 - R_i^2)L = \pi(10^2 - R_i^2)(37,5) = 4060 \text{ cm}^3$$

$$(10^2 - R_i^2) = 4060/37,5\pi = 34,46$$

$$R_i^2 = 100 - 34,46 = 65,53 \text{ cm}^2 \quad R_i = 8,09 \text{ cm.}$$

$$R_t = R_i + y = 8,09 + y \text{ ve } R_b = R_i - y = 8,09 - y, \quad y = R_t \text{ ve } R_b \text{ arasındaki farkın yarısı.}$$

$$N = (30/\pi)(2gL/(R_t^2 - R_b^2))^{0,5} = (30/\pi)(2 \times 981 \times 37,5 / ((8,09+y)^2 - (8,09-y)^2))^{0,5}$$

$$N = 1000 \text{ dev/dk verildiğinden,}$$

$$1000\pi/30 = (73575/((8,09+y)^2 - (8,09-y)^2))^{0,5}$$
$$((8,09+y)^2 - (8,09-y)^2)^{0,5} = 30(73575)^{0,5}/1000\pi = 2,5902$$

$$(8,09^2 + 16,18y + y^2 - (8,09^2 - 16,18y + y^2))^{0,5} = 2,5902$$
$$(8,09^2 + 16,18y + y^2 - 8,09^2 + 16,18y - y^2)^{0,5} = 2,5902$$
$$(2 \times 16,18y)^{0,5} = (32,36y)^{0,5} = 2,5902$$
$$5,68(y)^{0,5} = 2,5902 \quad y = 0,20 \text{ cm.}$$

$$Rt = 8,09 + 0,20 = 8,29 \text{ cm. } Dt = \mathbf{16,58 \text{ cm.}}$$

$$Rb = 8,09 - 0,20 = 7,89 \text{ cm. } Db = \mathbf{15,78 \text{ cm.}}$$

Problem 10.16 Bir makinenin gövdesi iki alüminyum döküm parçasından oluşmaktadır. Bu parçalardan büyük olanını lavabo çanağı şeklindedir. İkinci parça ise yassı kapak şeklinde olup, diğer parçanın üstüne konduğunda makinenin içerisinde yer alacağı kapalı alan oluşturmaktadır. Bu iki parçanın üretimi kum kalıba döküm yöntemi ile yapılmış ve her iki parçada da eksik döküm ve soğuk birleşme hataları oluşmuştur. Ustabaşı, parçaları çok ince olduğu, bunun da döküm hatalarının nedeni olduğu hakkında şikâyet etmektedir. Ancak, aynı parçaların başka dökümhanelerde hatasız döküldüğü bilinmektedir. Bu hataların neden olduğu başka ne şekilde açıklanabilir?

Eksik döküm ve soğuk birleşme hataları düşük akışkanlık sebebi ile oluşmaktadır. Döküm kesit alanının kalınlığının düşük olması yukarıda belirtilen hataların sebebi olabilir. Ancak başka dökümhanelerde bu parçaların kusursuz üretilmesi bu döküm için iki farklı hataya işaret edebilir. Bunlar; (1) döküm sıcaklığının çok düşük olması, (2) döküm işleminin yavaş yapılması.

Problem 10.17 Kum kalıpta dökülmüş büyük bir çelik parçada karakteristik sıvı metal penetrasyonu hatası bulunmaktadır. Yüzeyi kum ve metal karışımından ibarettir. (a) Bu hatayı düzeltmek için ne adımlar atılmalıdır? (b) Bu adımların her birinde diğer ne tür döküm hataları muhtemelen oluşabilir?

(a) (1) Döküm sıcaklığı düşürülmelidir. (2) Kalıp kumu penetrasyonun engellenmesi için sıkılaştırılmalıdır. (3) Kalıp boşluğunun yüzeyi daha sert olacak şekilde yapılmalıdır.

(b) (1)'inci durumda eksik döküm ve soğuk birleşme hataları oluşabilir. (2)'inci ve (3)'üncü adımlarda ise kumun geçirgenliği azalabilir ve bu durum gaz boşluklarının oluşumuna yol açabilir.