

YOLLUK TASARIMI

DÖKÜM TEKNOLOJİSİ UYGULAMALARI - 1

Dr.Çağlar Yüksel

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ

METALURJİ ve MALZEME MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

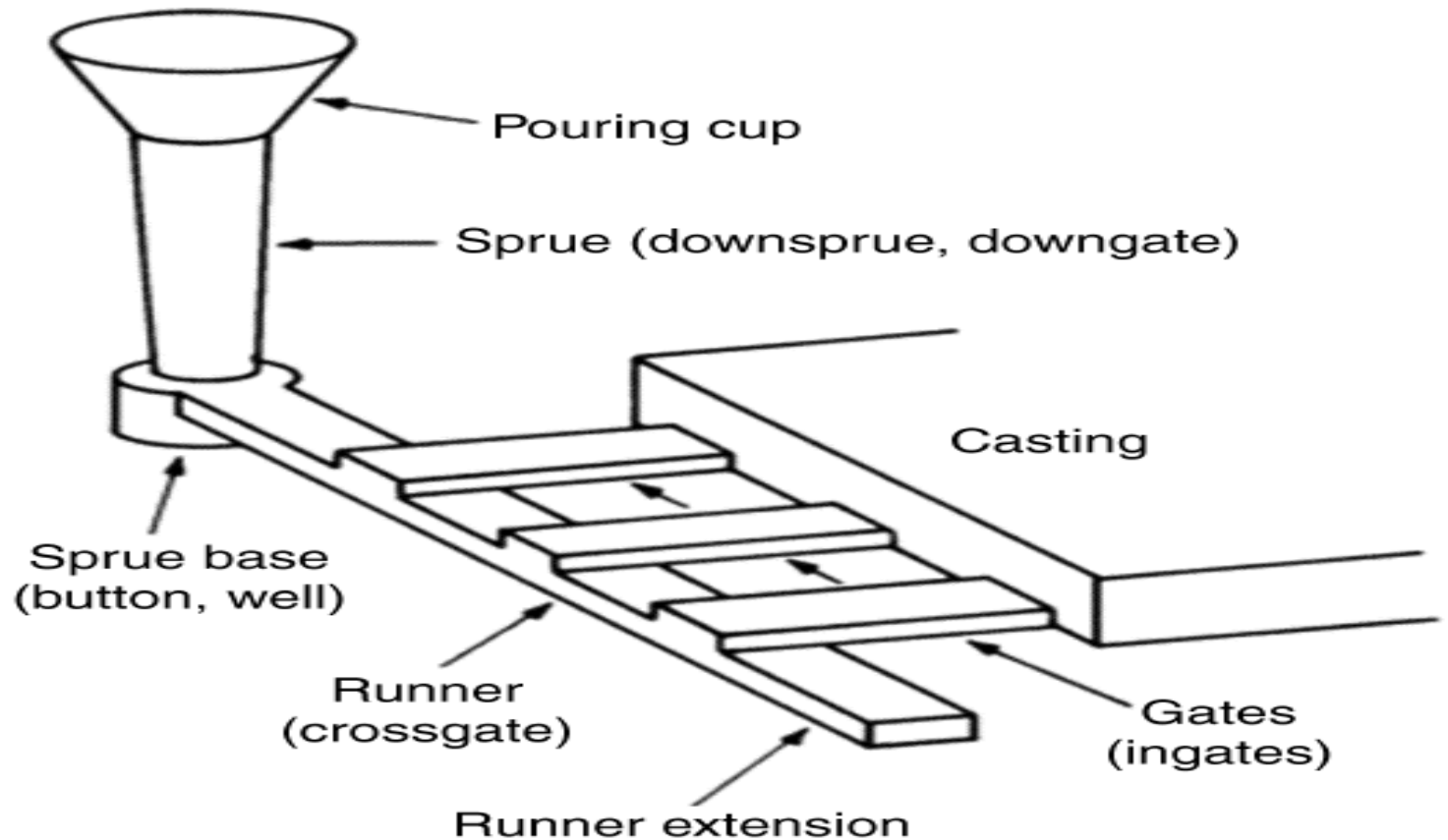


ATATÜRK
ÜNİVERSİTESİ

1. Yolluk Nedir?

- * Gerekli hızda sıcaklık kaybı olmadan,
- * Kalıp ve maça erozyonu ya da tahribatına izin vermeyen,
- * Türbülanssız,
- * Ekonomik,
- * Cürufsuz,
- * Akış koşullarının kontrolünü sağlayan,
- * Döküm distorsiyonuna izin vermeyen,

Şekil 1. Yolluk Elemanları

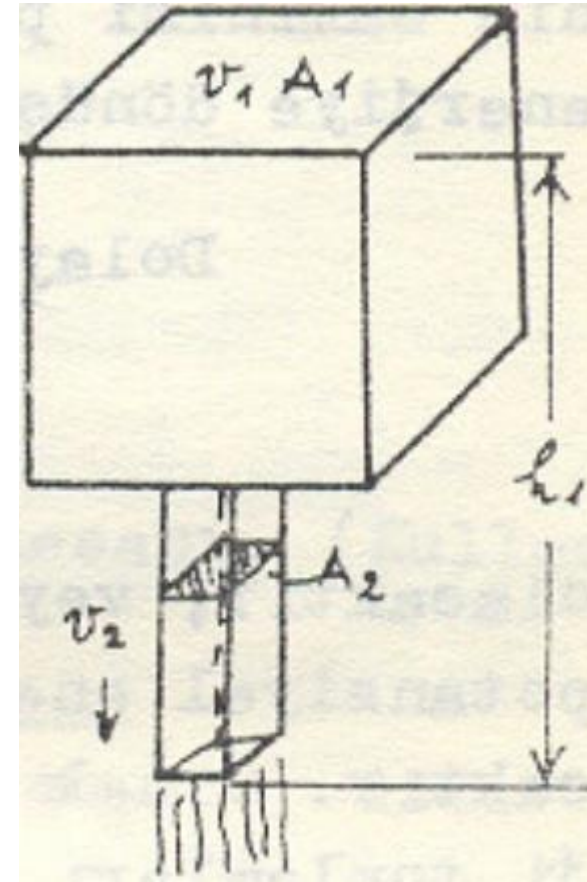


2. Akış Prensipleri

- * Devamlılık Kanunu (Law of continuity)
- * Bernouille Denklemleri

2.a.Devamlılık Kanunu (Law of Continuity)

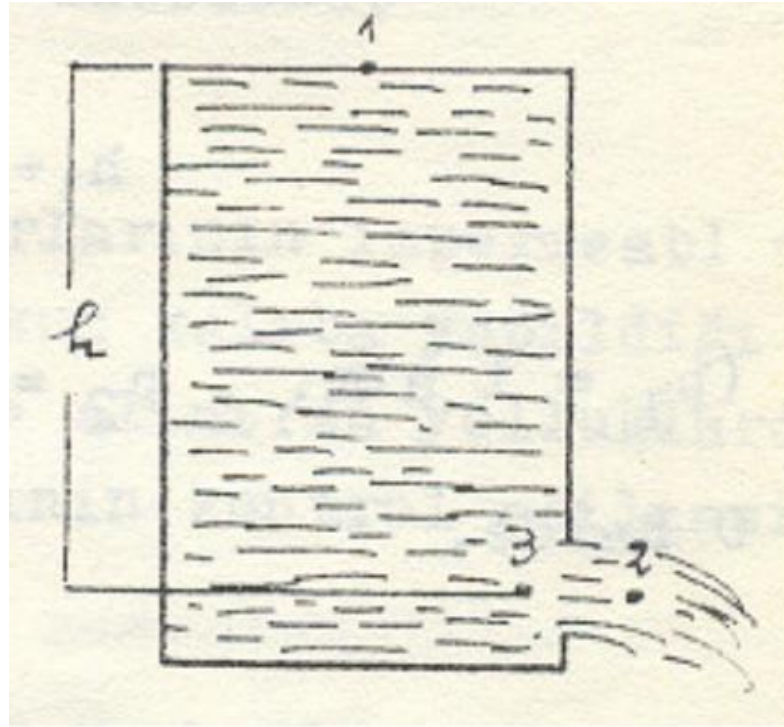
- * Şekildeki sistemde cidarların geçirmez olduğu kabul ediliyor ve sıkışmayan bir akışkan ile dolu olduğu öngörülerek;
- * $Q = A_1 * v_1 = A_2 * v_2$
- * Burada, $Q = \text{Akış Debisi (cm}^3/\text{sn)}$,
 $A = \text{Kesit Alanı (cm}^2)$,
 $v = \text{Akış Hızı (cm/sn)}$.
- * Sürtünme ile olan kayıplar ihmal edilmektedir.



2.b.Bernouille Denklemleri

- * Bernouille denklemleri «basınç», «hız» ve «referans düzlemine olan yükseklik» ile alakalı ve «enerji sakınımı» prensibinden faydalanılarak ortaya konmuştur.
- * Hesaplamalarda kolaylık sağlamak amacıyla enerji terimleri, mesafe birimi ile temsil edilecektir. Bu mesafeler ise, akışın olduğu düzlemden (referans düzlemi) itibaren olan mesafelerdir.

Şekil 2. Enerjinin Sakınımı



- 
- * Şekil 2.'deki noktalara göre enerji incelemeleri yapıldığında; sabit ve birim ağırlıkta bir sıvı partikülü(zerre) 1 noktasında belirli bir POTANSİYEL ENERJİYE sahip olacaktır ki; bu enerji, referans düzleminden olan (h) yüksekliğine tabidir.
 - * Eğer sürtünme kayıpları ihmal edilirse, aynı partikül 2 noktasında bir KİNETİK ENERJİYE sahip olacaktır. (Enerjinin Korunumu Prensibi)
 - * BASINÇ ENERJİSİ eşit miktarda kinetik enerjiye dönüşmüş olur. 3 noktası ise geçiş bölgesidir.

- * Dolayısıyla sürtünme kayıpları yoksa;

$$E_1 = E_2 = E_3 \text{ olacaktır.}$$

- * Genel olarak bir noktadaki basınç, kinetik ve potansiyel enerji toplamaları diğer noktadaki toplama eşit olacaktır. 1 ve 2 noktaları için Bernouille Denklemleri uygulandığında;

$$h_1 + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho g} = h_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho g}$$

- * Şekil 2'deki dolu kap için;

$$h_1 + 0 + \frac{P_1}{\rho g} = 0 + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho g}$$

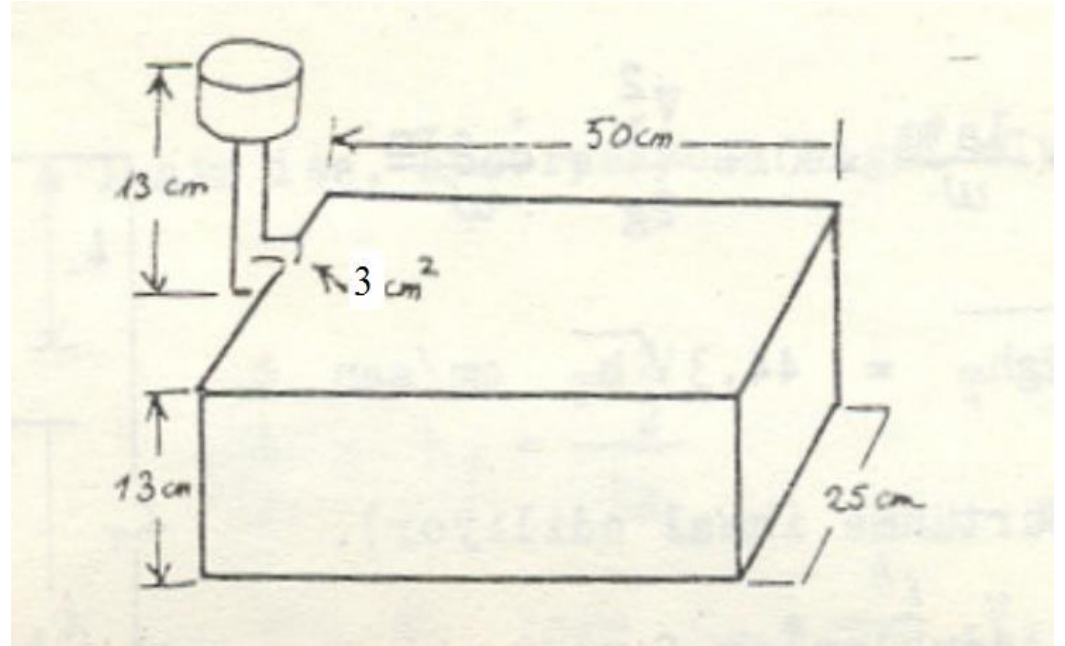
($P_1 = 1 \text{ atm}$, $P_2 = \text{açığa çıkıyor} = 1 \text{ atm}$ ise $P_1 = P_2$ 'dir.)

O halde;

$$v_2 = \sqrt{2gh_1}$$

Örnek 1.

Şekildeki dökümün dolma süresini hesaplayınız.
(Kullanılan giriş yolluğu kesit alanı 3 cm^2 'dir.)



Çözüm 1.

Bir akışkanın debisi;

$$Q = A \cdot v (\text{cm}^2 \cdot \text{cm/sn} = \text{cm}^3/\text{sn}) \text{ veya } Q = V/t (\text{cm}^3/\text{sn})$$

ile ifade edilmektedir.

O halde;

Kalıp dolum süresini yani «t» yi çekerek işlem yapılırsa;

$$t = V/Q \Rightarrow t = V/A \cdot v \text{ dir. } v = \sqrt{2gh_1}$$

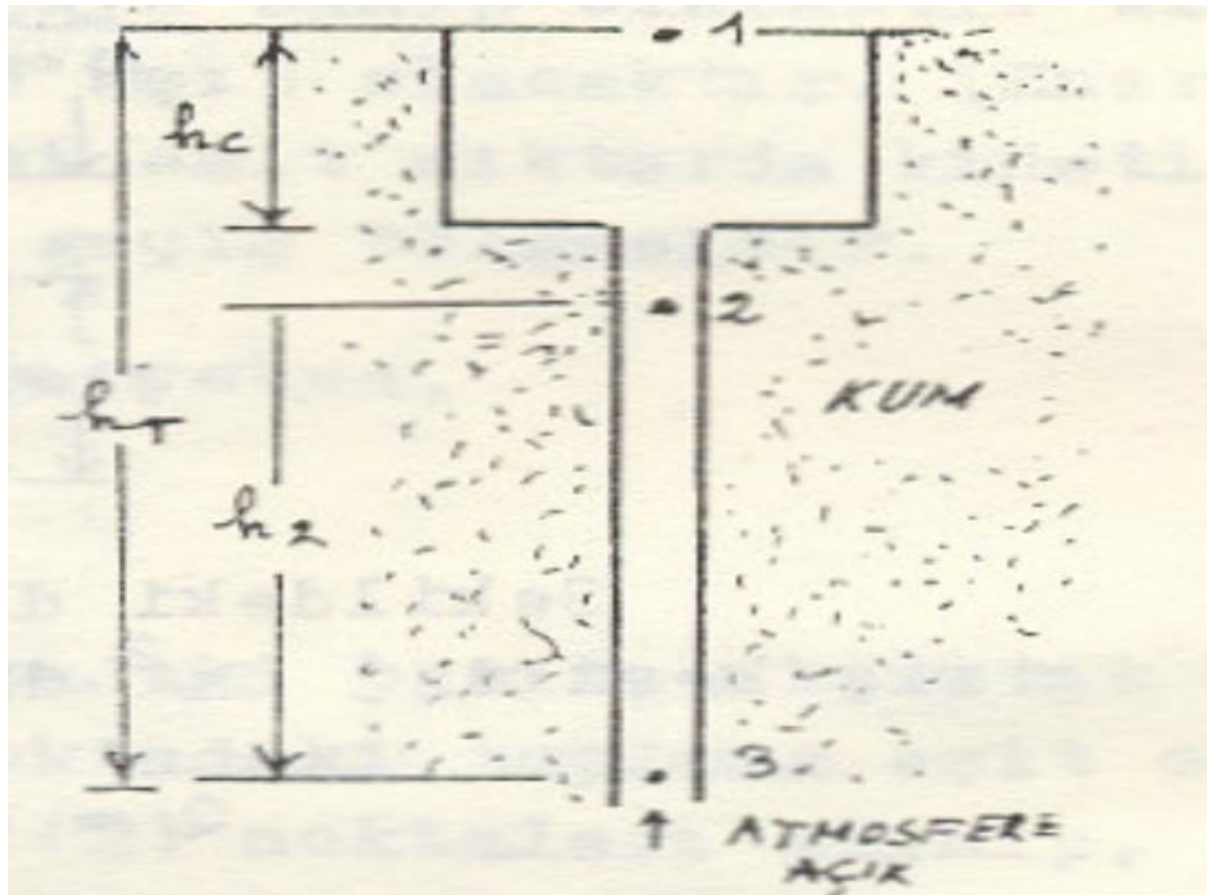
$$t = \frac{25 \times 50 \times 13}{3 \times \sqrt{2 \times g \times 13}} = \frac{16250}{480} = 34 \text{ sn}$$

(Kullanılan giriş yolluğu kesit alanı 3 cm²'dir.)

3. Aspirasyon (Gaz Emişi)

- * Buraya kadar kalıp cidarlarının geçirimsiz olduğu varsayılarak işlem yapılmıştır.
- * Ancak çoğu döküm kum kalıba yapıldığını ve kum kalıbın da geçirgen olduğu göz önüne alınırsa; yolluklarda kalıptan gaz emme durumu olup olmayacağının kontrol edilmesi gerekli bir durum olacaktır.
- * Bu gazlar hava, su buharı, kalıpta bağlayıcı olarak kullanılan organik maddelerin parçalanma ürünleri olabilir.

Şekil 4. Aspirasyon (Gaz Emişi)



- 
- * Şekil 4. için geçirgen duvarlar göz önüne alınarak Bernouille denklemleri 1 ve 3 noktaları için uyguladığında;

$$v_3 = \sqrt{2gh_T} \text{ olacaktır.}$$

- * Aynı denklemler 2 ve 3 noktaları için uygulandığında; devamlılık kanununa göre $A_2 \cdot v_2 = A_3 \cdot v_3$ olmaktadır. 2 ve 3 noktalarında hızlar aynıdır çünkü kesit alanları aynıdır. Ancak bu durum enerjinin sakınımına uyuşmayan bir durumdur. Çünkü 2 noktası 3 noktasına göre daha yüksek olduğundan daha yüksek bir potansiyel enerjiye sahiptir. Bu eşitsizlik basınç enerjisinden kaynaklanmaktadır.



* Şöyle ki;

$$h_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho g} = h_3 + \frac{v_3^2}{2g} + \frac{P_3}{\rho g} \text{ ve } v_2 = v_3$$

olduğundan

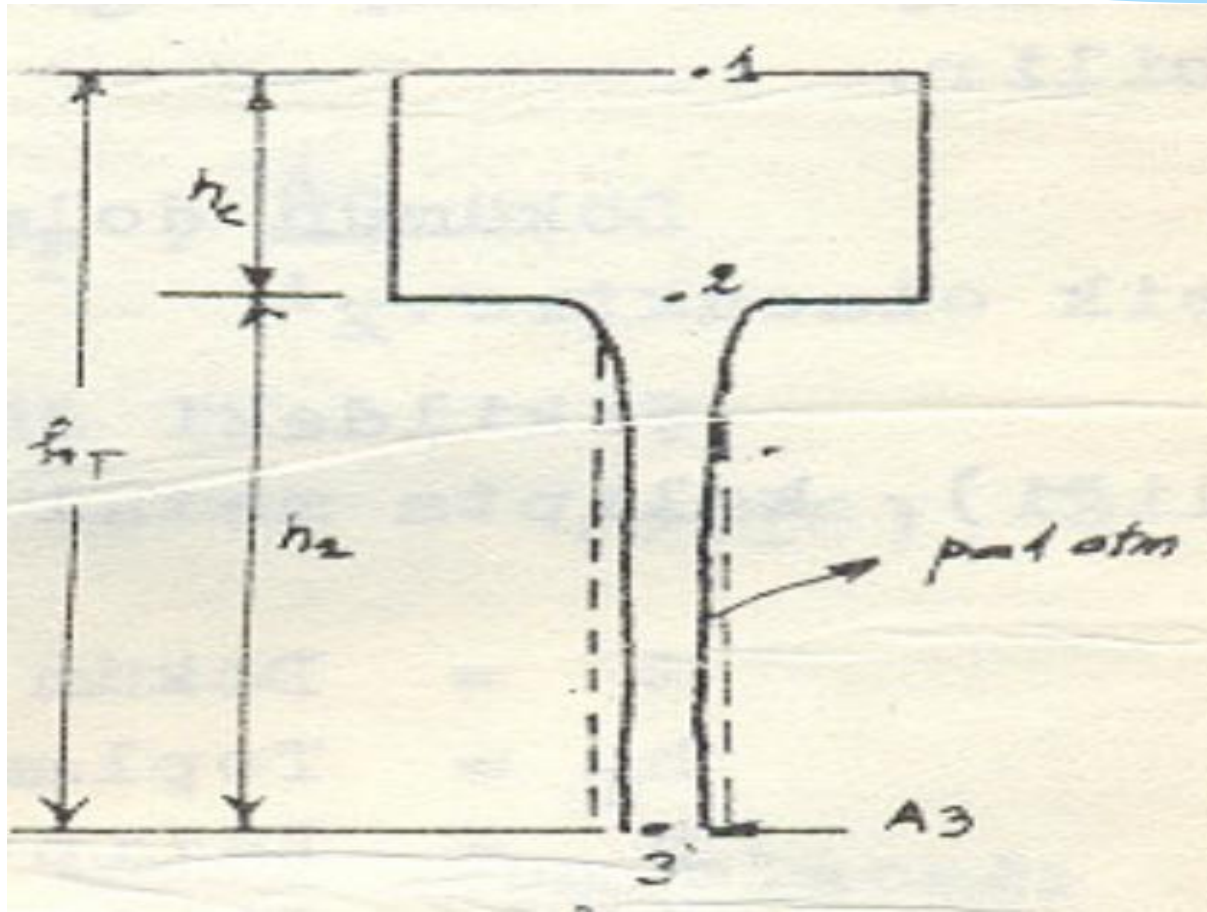
$$h_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho g} = 0 + \frac{v_3^2}{2g} + \frac{1}{\rho g}$$

* $P_2 = 1 \text{ atm} - (h_2 * \rho)$ kadarlık bir fark oluşacaktır. Bu durum kalıp geçirgen ise 2 noktasında kalıptan gaz emişi olacağını ispatlamaktadır.

4. Gaz Emişinin Giderilmesi

- * Gaz emilimine engel olmak için düşey yolluklarda bazı tasarım açısından değişiklikler yapılması gerekmektedir.
- * Bunun için 2 ve 3 noktalarına tekrar Bernouille denklemleri tatbik edildiğinde ancak bu sefer basıncın her iki noktada da aynı olduğu düşünülmelidir.
- * Çünkü eğer basınç farkı yoksa gaz emilimi de olmayacaktır.

Şekil 5. Gaz Emişinin Giderilmesi




$$h_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho g} = h_3 + \frac{v_3^2}{2g} + \frac{P_3}{\rho g} \quad \text{ve} \quad P_2 = P_3$$

olacağı düşünülürse;

$$h_2 + \frac{v_2^2}{2g} = \frac{v_3^2}{2g} \text{ olacaktır.}$$

Ve $A_2 \cdot v_2 = A_3 \cdot v_3$ ise $v_2 = \frac{A_3}{A_2} \cdot v_3$ eşitlikte yerine koyulursa;

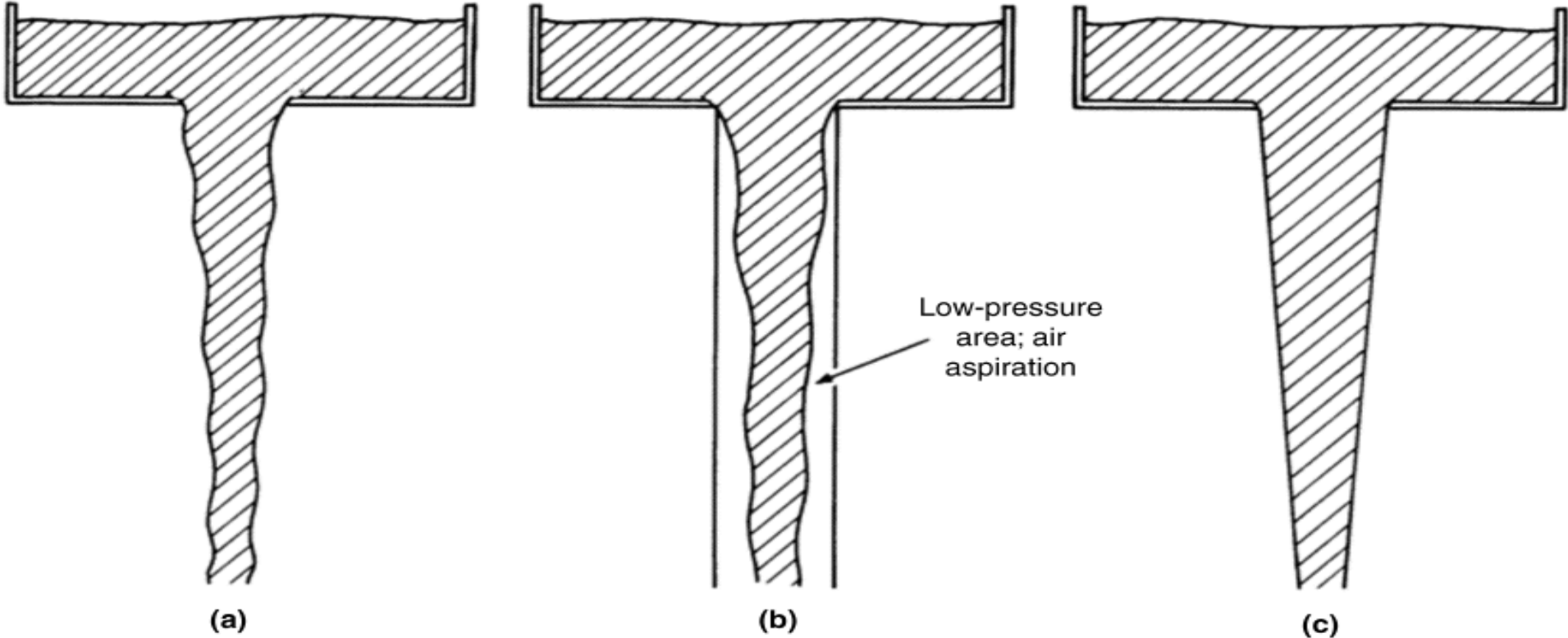
$$\left(\frac{A_3}{A_2}\right)^2 = 1 - \frac{2gh_2}{v_3^2} \text{ olacaktır.}$$

$h_2 = (h_T - h_c)$ ve $v_3 = \sqrt{2gh_T}$ olduğundan. Bu değerler de yerine koyulursa;

$$\left(\frac{A_3}{A_2}\right)^2 = \frac{h_c}{h_T} \text{ bulunacaktır.}$$

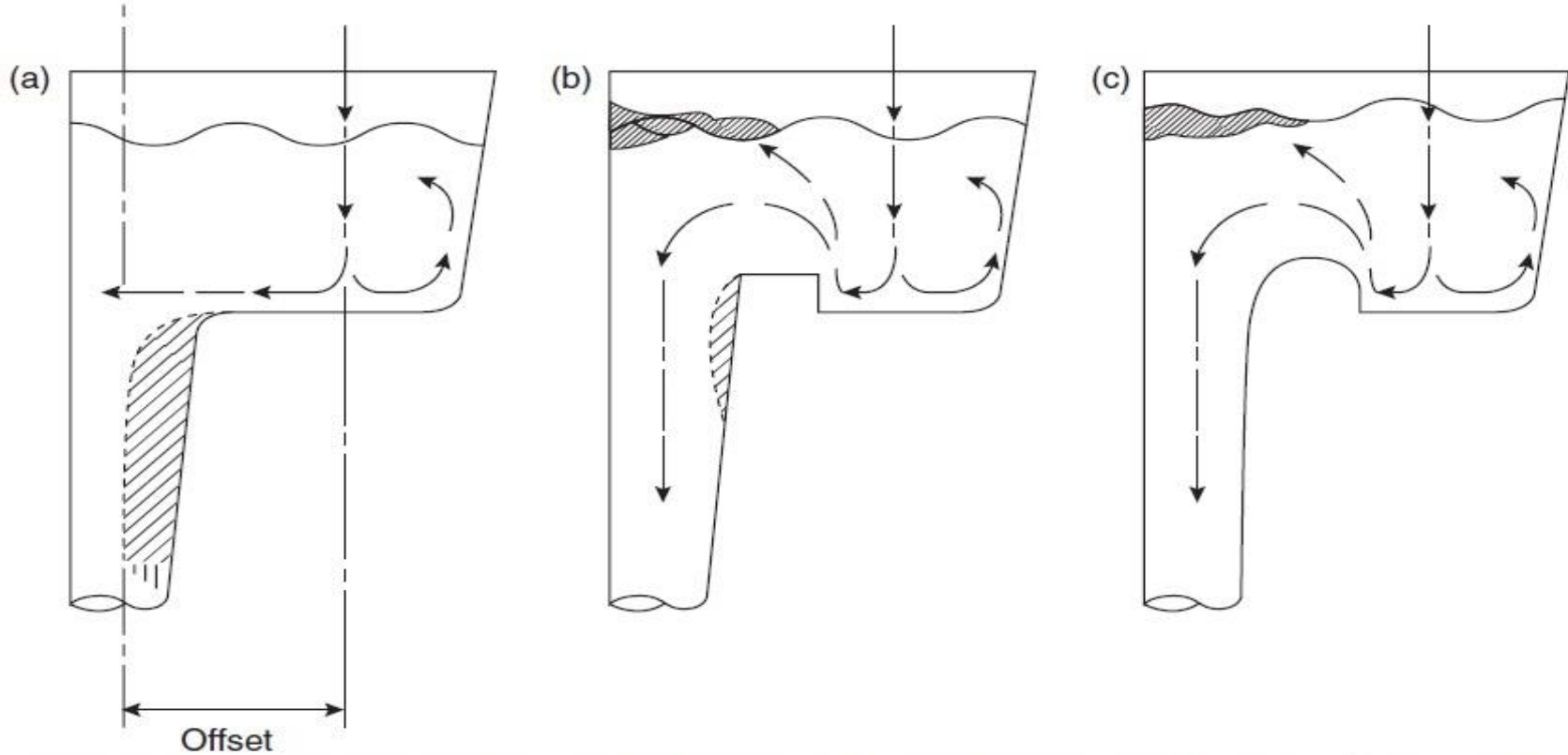
Örnek olarak $h_c=2$ cm ve $h_T=8$ cm alındığında $\left(\frac{A_3}{A_2}\right)^2 = \frac{2}{8}$ ise $A_3 = \frac{A_2}{2}$ olduğu görülür.

Şekil 6. Doğru Düşey Yolluk Tasarımı



Schematic showing the advantages of a tapered sprue over a straight-sided sprue. (a) Natural flow of a free-falling liquid. (b) Air aspiration induced by liquid flow in a straight-sided sprue. (c) Liquid flow in a tapered sprue

Şekil 7. Doğru Döküm Havuzu (Havşa)

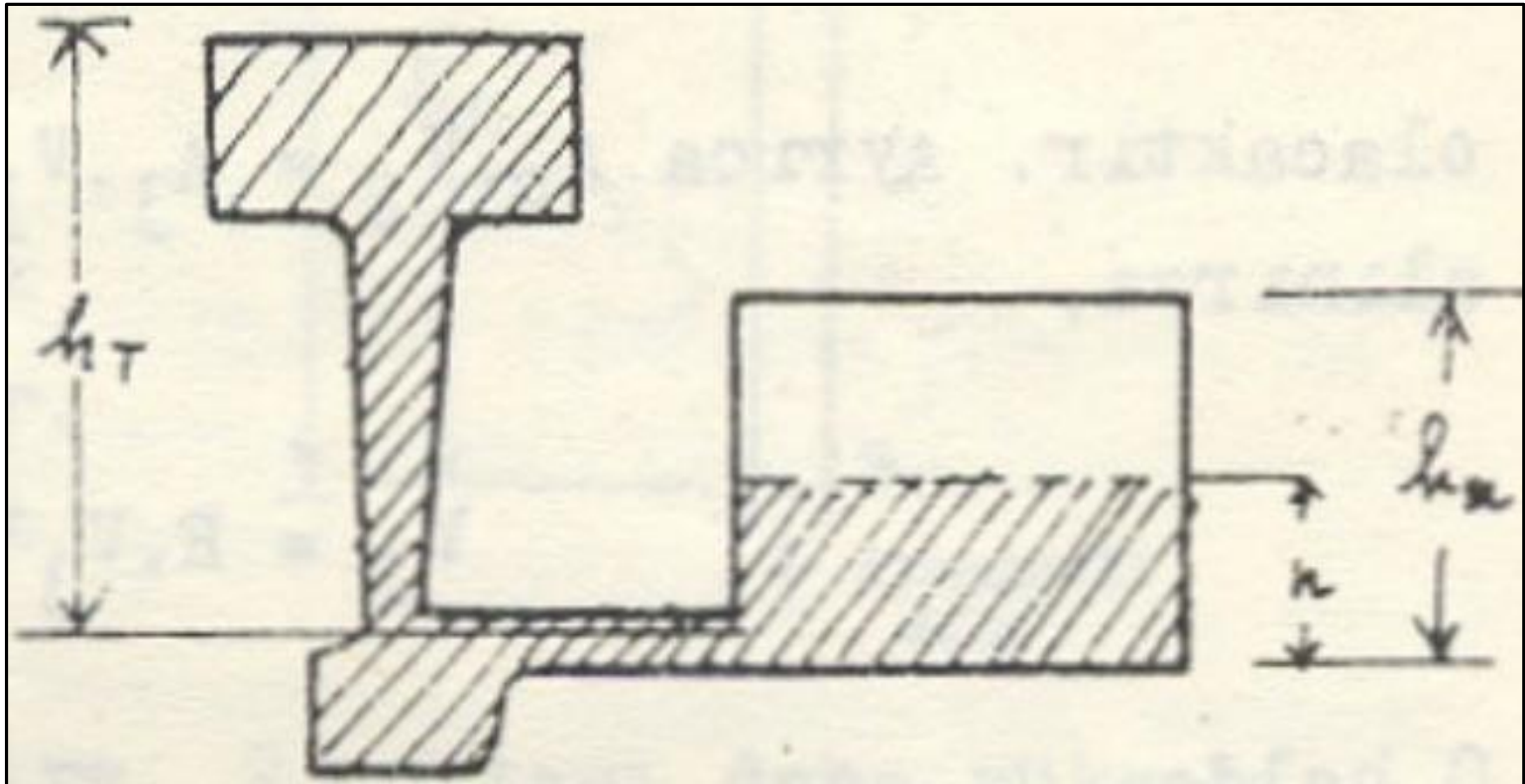


Offset pouring basins (a) without step (definitely not recommended); (b) sharp step (not recommended); (c) radiused step (recommended).

5. Altan Yollukla Besleme

- * Genellikle bir çok döküm uygulamasında alttan besleme tercih edilir.
- * Bunun en önemli sebebi yukarıdan beslemede meydana gelecek olan sıçrama ve oksidasyon oluşma riskini asgariye düşürmektir.
- * Akışı türbülanssız yani laminar bir akış haline getirmeye yönelik bir önlem olarak düşünülebilir.
- * Ergiğin kalıbı doldurma süresi yani döküm süresini hesabı alttan beslemede farklı olacaktır.

Şekil 8. Alttan Yollukla Besleme



- * Şekil 8.'deki sistemde h_T (düşey yolluk yüksekliği), kalıptaki metal yükseldikçe azalacaktır.

t = döküm başlangıcından itibaren geçen süre (s),

h_T = toplam yükseklik (cm),

h_m = kalıp yüksekliği (cm),

h = kalıptaki metal yüksekliği (cm),

A_G = Giriş yolluğun kesit alanı (cm²),

A_K = Kalıp yatay kesit alanı (cm²),

- * Belirli bir d_t zaman aralığında kalıpta metal d_h kadar yükselecektir ve metal hacmi ($A_K * d_h$) kadar artacaktır.

- * d_t zamanında giriş yolluğundan geçen metal miktarı ise ($A_G * v * d_t$) kadar olacaktır.

- * Kalıpta yükselen metal ile yolluktan giren (d_t zaman aralığında) metal eşittir;

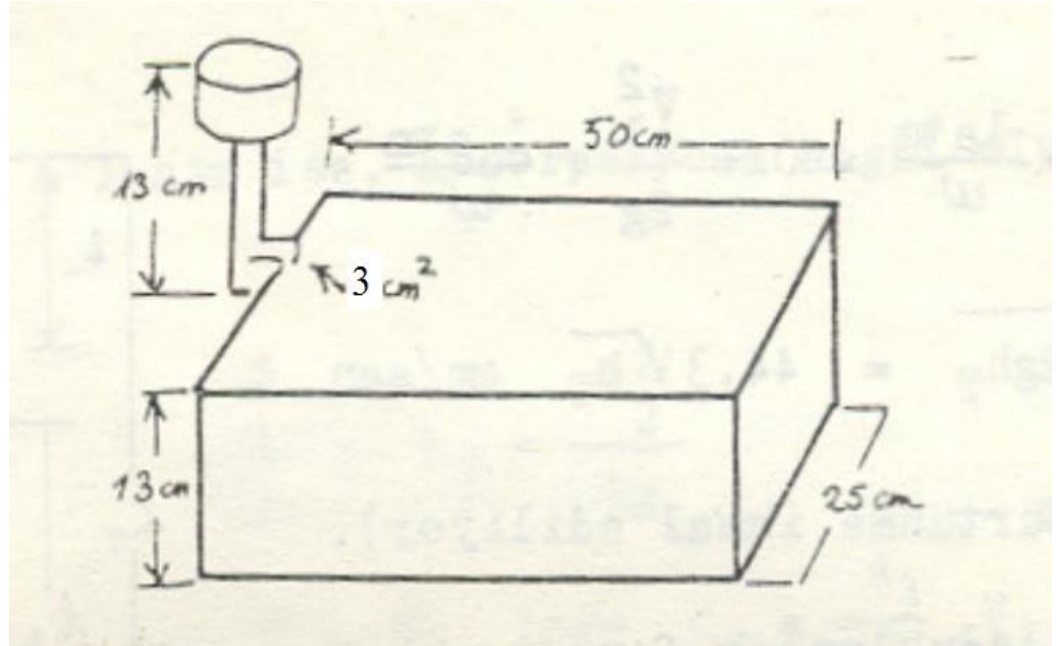
$$A_K \times d_h = A_G \times \sqrt{2g(h_T - h)} \times d_t$$

Eğer dökümün dolması için gerekli toplam süre t_f ise ve döküm yüksekliği de h_m ise $t=0$ ile $t= t_f$ ve $h=0$ ile $h=h_m$ arasında integral olarak zaman tespiti yapıldığında;

$$t_f = \frac{2A_K}{A_G\sqrt{2g}} \times \sqrt{h_t} - \sqrt{(h_t - h_m)} \text{ olacaktır.}$$

Örnek 2

Şekil Örnek 1'in aynısıdır fakat alttan yolluklama yapıldığını düşünerek dökümün dolma süresinin hesaplayınız.
(Kullanılan giriş yolluğu kesit alanı 3 cm^2 'dir.)



Çözüm 2

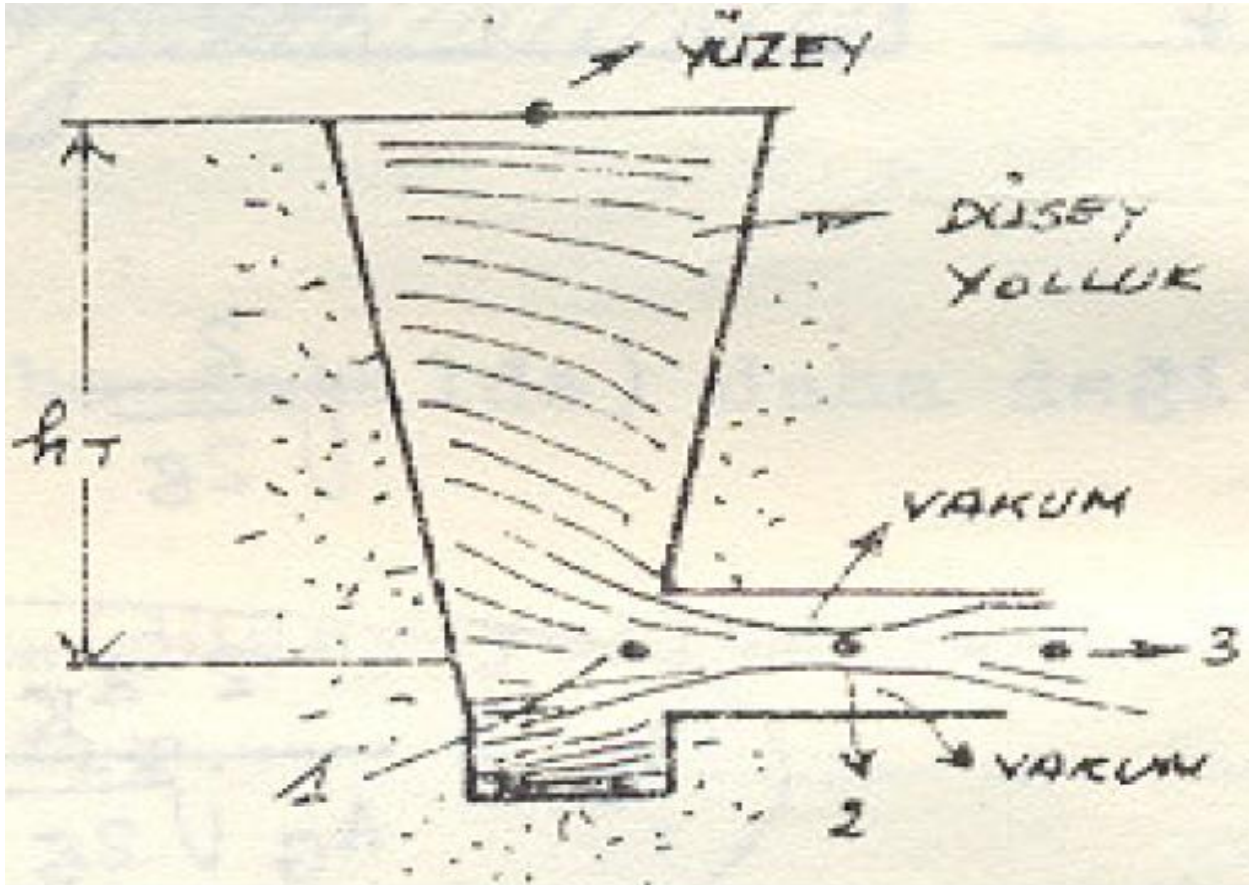
- * Düşey yolluk ve döküm parçanın yükseklikleri birbirlerine eşit ve 13 cm'dir.
- * A_K döküm parçanın yatay kesit alanı işleme dahil edilir çünkü gravite döküm yapılmaktadır ve döküm parçanın doldurulmaya başlanılan kesiti yere paralel olan kısımdır.
- * $h_t = h_m = 13$ cm ve $A_K = 1250$ cm²'dir.

$$t_f = \frac{2 \times 1250}{3 \times \sqrt{2g}} (\sqrt{13} - \sqrt{13 - 13}) = 68 \text{ sn}$$

6. Yatay Yolluklar

- * Düşey yollukları takiben sıvı metalin kalıba düzgün bir şekilde girmesini sağlayan yolluklardır.
- * Bu yolluklar aynı zamanda asgari ısı kaybı ve türbülanssız olarak döküm yapmayı sağlayacak şekilde olmalıdırlar.
- * Ayrıca metal içindeki pisliklerin de döküm parçaya girmesini engellemelidirler.
- * Yön değişimlerinde yatay yolluklarda da aspirasyon yani gaz emilimi söz konusu olabilir.
- * Metal akışı keskin köşeden dönerken yatay yolluk içinde bir büzülme gösterir. Bu olaya «Vena Kontrakta» denir.

Şekil 9. Yatay yolluklarda gaz emilimi ve giderilmesi



- * Şekil 9.'da 2 ve 3 noktaları için Bernouille Denklemleri yazıldığında;

$$h_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho g} = h_3 + \frac{v_3^2}{2g} + \frac{P_3}{\rho g}$$

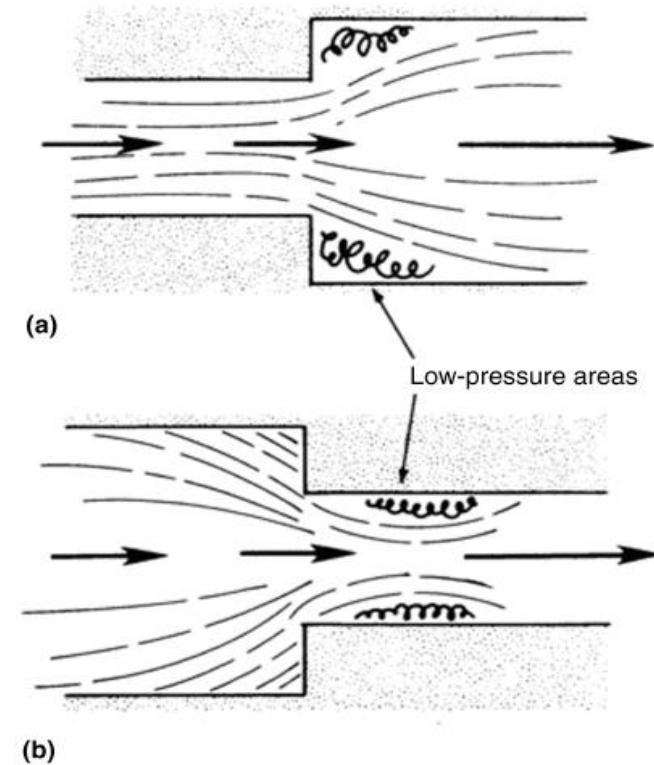
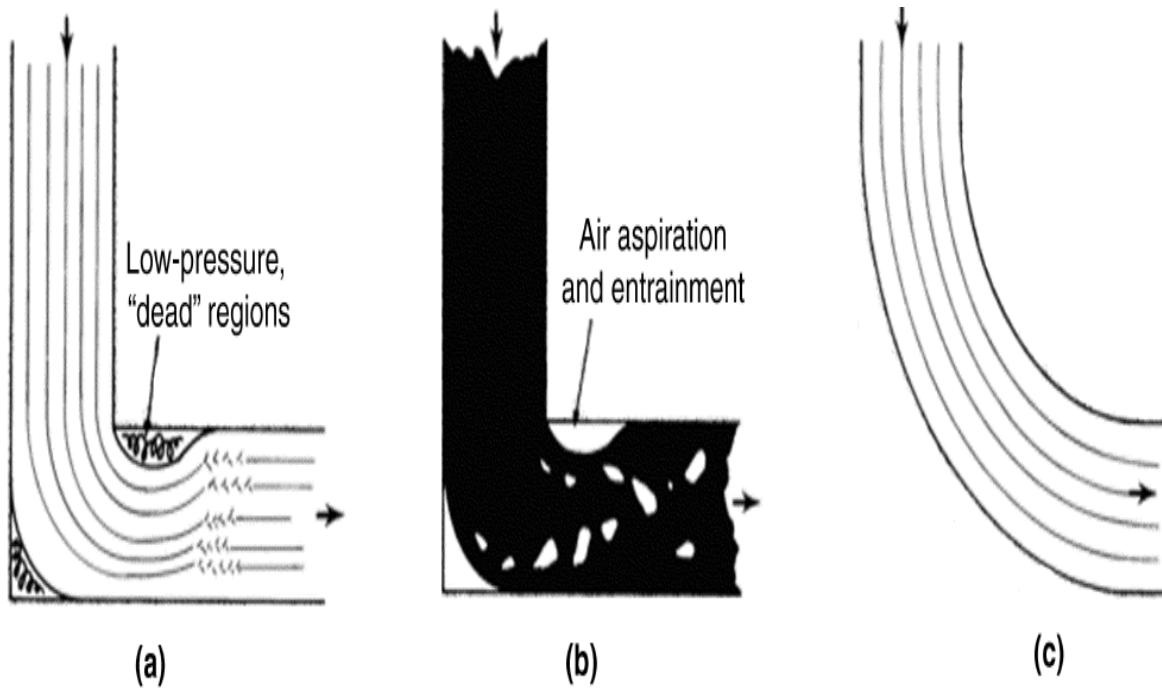
$$0 + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho g} = 0 + \frac{v_3^2}{2g} + \frac{P_3}{\rho g}$$

$$A_3 > A_2, \quad P_3 = 1 \text{ atm} \quad \text{ve} \quad V_3 < V_2 \text{ olacağından,}$$

$$P_2 = P_3 + \frac{(v_3^2 - v_2^2)}{2} \rho$$

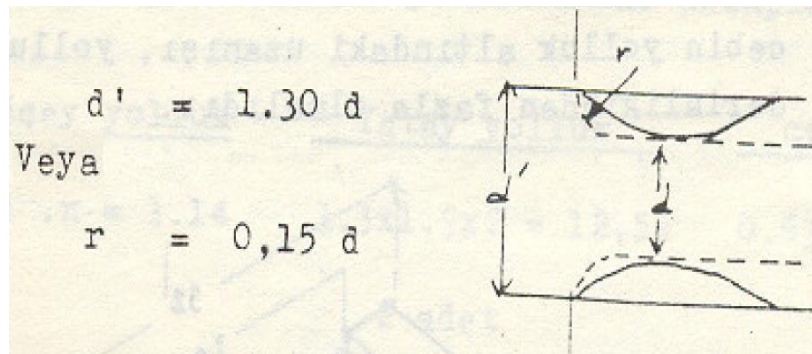
olacaktır. Bu durumda aspirasyon mevcuttur.

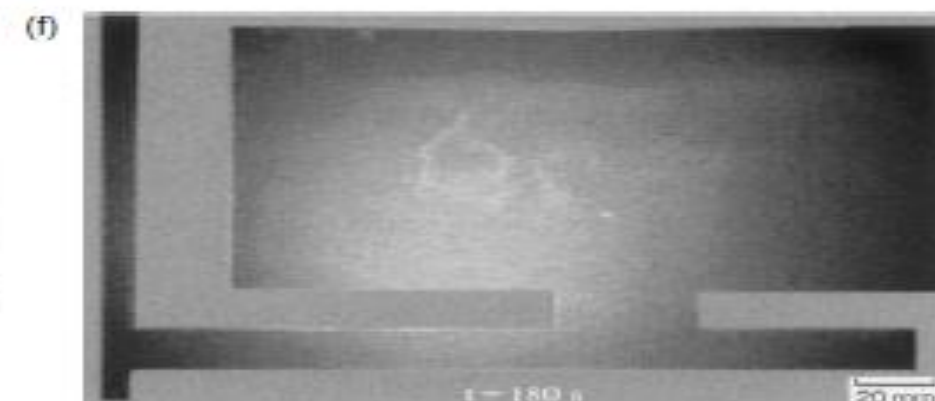
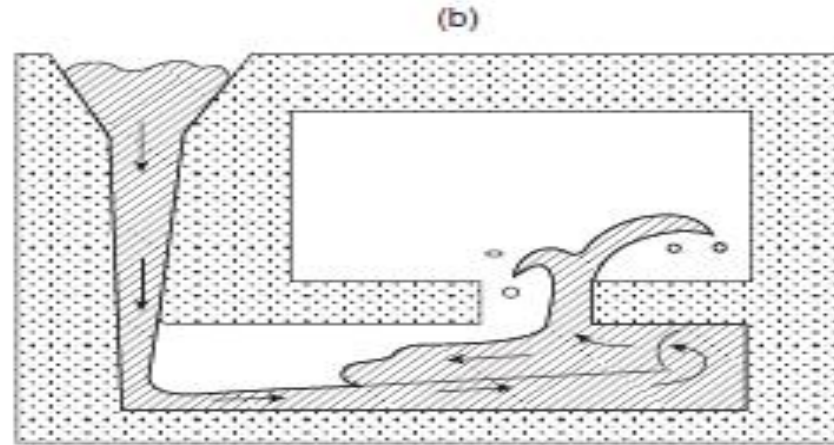
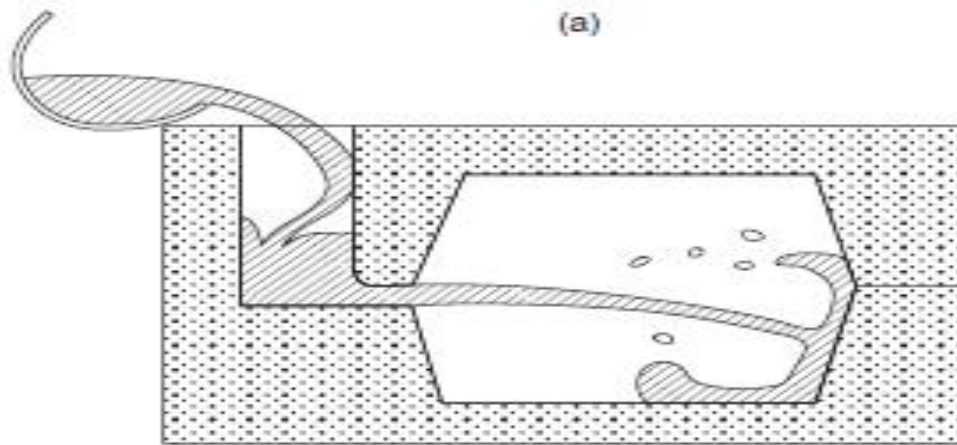
Şekil 10. Keskin köşeli ve kavisli yolluklar



Schematic illustrating fluid flow around right-angle and curved bends in a gating system. (a) Turbulence resulting from a sharp corner. (b) Metal damage resulting from a sharp corner. (c) Streamlined corner that minimizes turbulence and metal damage

- * Keskin köşe daha yumuşak geçişli köşeler elde edilecek şekilde (Şekil 10.'daki kavisli tasarım gibi) düzeltilir.
- * Ani kesit daralmalarına izin vermeyecek şekilde kalıp tasarımı yapılmalıdır.
- * Ani artış ve düşüşler basınç farkı oluşturacağından mutlak suretle gaz emilimi oluşacaktır.
- * Bu oluşum da parçanızın sağlam çıkmamasına sebep olacaktır.
- * Vena kontraktının oluştuğu bölgelerde deneysel sonuçlardan elde edilen bağıntı aşağıdadır.





The mode of filling of (a) a pressurized system, showing the jet into the mould cavity; (b) an unpressurized system, showing the fast underjet, and the rolling back wave in the oversized runner (c, d, e) X-ray video frames of an Al alloy filling a mould 100 mm high $\times$ 200 mm wide $\times$ 20 mm deep illustrating the unpressurized system; (f) the final casting showing subsurface bubbles and internal cracks.