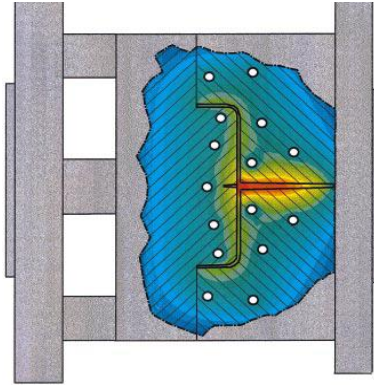


## PLASTİK ENJEKSİYON KALIPLARINDA SICAKLIK YÖNETİMİ

1/2

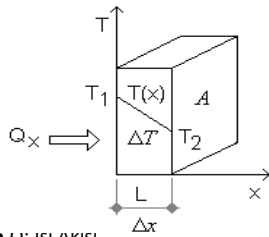
Plastik enjeksiyon prosesi esnasında, eriyik sıcak malzeme soğuk kalıba enjekte edildiği zaman kalıp belli bir sıcaklığa yükselir. Kalıp içerisindeki soğutma kanalları sayesinde, plastik parçadan, soğutma kanallarındaki akışkana ısı aktarılır. Böylelikle soğutma prosesi gerçekleşir. Soğutmanın minimum sürede ve homojen sıcaklık değişimiyle olması istenir.



Şekil: Kalıp içerisindeki soğutma kanallarının gösterildiği kesit

### Kalıp Sıcaklık Yönetiminin Isı Transferi ile İlişkisi

Termodinamiğin İkinci Yasası'na göre, farklı iki ortam arasında sıcaklık farkı varsa, ısı yüksek sıcaklıktaki ortamdaki düşük sıcaklıktaki ortama geçer. Bu sayede ısı transferi gerçekleşir.



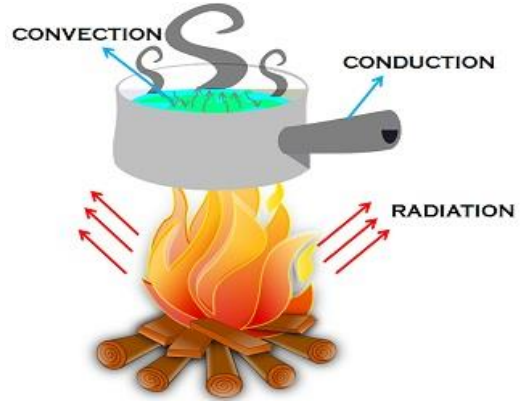
$$Q = k \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

İletim ile ısı transfer formülü

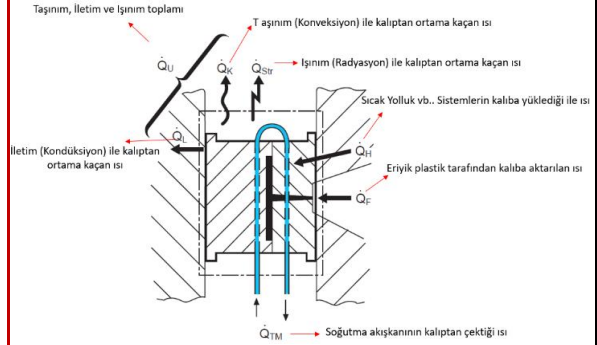
- Q: ISI AKISI
- k: İletim Katsayısı
- A: Isı transferinin gerçekleşeceği alan
- ΔT: Sıcaklık farkı
- Δx: Et kalınlığı

### Isı Transferi Çeşitleri

Isı geçişi, ortam sıcaklıklarındaki farka bağlı olduğu kadar, ortam ve yüzeylerinin özelliklerine de bağlıdır. Isı transferi üç ayrı yöntemde adlandırılır: İletim (conduction), taşınım (convection) ve ışınım (radiation).



İletim, taşınım ve radyasyon



Plastik Enjeksiyon Kalıbındaki Isı Transfer Çeşitleri

$$\dot{Q}_{TM} = \dot{Q}_F + \dot{Q}_H - (\dot{Q}_K + \dot{Q}_{Str} + \dot{Q}_L)$$

Soğutma akışkanının kalıptan çektiği ısı

Eriyik plastik tarafından kalıba aktarılan ısı

Sıcak Yolluk vb.. Sistemlerin kalıba yüklediği ile ısı

Taşınım (Konveksiyon) ile kalıptan ortama kaçan ısı (Hava ile temas)

İletim (Kondüksiyon) ile kalıptan ortama kaçan ısı (Makine Plakaları ile temas)

Ortam ile etkileşim

Plastik Enjeksiyon Kalıbında Isı Transfer Formülasyonu

## Kalıp Sıcaklık Yönetiminin Zaman ile İlişkisi

Kalıp içerisine enjekte edilen sıcak ve eriyik plastik malzemenin çabuk bir şekilde soğutulması amaçlanmaktadır. Soğutma kanalları olmadığı takdirde, eriyik plastik malzemenin katılaşması uzun bir süre alacaktır. Bu süre, maliyeti olumsuz yönde etkiler.

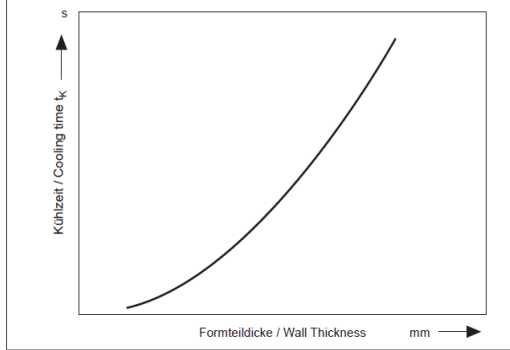
$$t_k = \frac{s^2}{\pi^2 a_{eff}} \cdot \ln \left( \frac{4}{\pi} \cdot \frac{\vartheta_M - \bar{\vartheta}_W}{\hat{\vartheta}_E - \bar{\vartheta}_W} \right)$$

Minimum Teorik Soğuma Zamanı Formülü

$t_k$ Minimum soğuma zamanı	$\vartheta_M$ Eriyik Sıcaklığı
$s$ Et Kalınlığı	$\hat{\vartheta}_E$ Kalıptan Çıkma Sıcaklığı
$a_{eff}$ Polimer termal difüzyon katsayısı	$\bar{\vartheta}_W$ Kalıp Sıcaklığı

Kalıp içerisinde bulunan plastik malzemenin soğuma süresi birçok faktöre bağlıdır:

- Parçanın et kalınlığı artarsa, soğuma süresi parabolik bir artış gösterir.



Et Kalınlığı - Soğuma Süresi İlişkisi

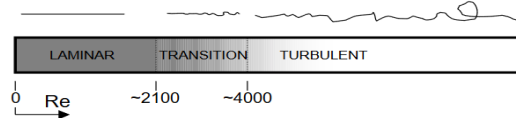
- Polimerin termal difüzyon katsayısı soğuma süresiyle ters orantılıdır. Malzemenin cinsine göre değişir.
- Eriyik sıcaklığı, kalıp sıcaklığı ve malzemenin kalıptan çıkma sıcaklığı, soğuma süresini etkiler. Fakat bu değerler, formülde logaritmik ifadede bulunduğu için, termal difüzyon katsayısına ve et kalınlığı değişimine göre daha az etkileyici bir unsurlardır.

## Soğutma Performansının Akış ile İlişkisi

Soğutma kanallarında ilerleyen akışın karakteri, soğuma performansını önemli derecede etkiler. Akışın karakteri, Reynold Sayısı ile ifade edilir. Boyutsuz bir ifadedir.

$$Re = \frac{\rho v_s d}{\mu} = \frac{v_s d}{\nu}$$

- $v_s$  - akışkanın ortalama hızı
- $d$  - hidrolik çap
- $\mu$  - akışkanın dinamik viskozitesi
- $\nu$  - akışkanın kinematik viskozitesi:  $\nu = \mu / \rho$
- $\rho$  - akışkanın yoğunluğu



Akış rejim diyagramı

•  $0 < Re < 2100$  ise, soğutma kanallarında laminar akış görünür. Akış, geometrisi bozulmadan düzgün bir şekilde ilerler.

•  $2100 < Re < 4000$  ise, akış geçiş bölgesindedir.

•  $Re > 4000$  ise, akış türbülans halindedir. Düzensiz bir rejimdir.

Bu düzensizlik, soğutma performansını olumlu derecede etkiler. Etkin bir soğutma için, akışın türbülans halde olması gerekmektedir. Çünkü, türbülans halindeki akışkanın tamamı, ısı transferinin gerçekleştiği soğutma kanallarına temas eder. Laminar akışta ise, kanalın merkezinden geçen akışkan, merkezden ilerlemeye devam eder ve etkin bir ısı transferi gerçekleşmez. Sonuç olarak, akışın türbülans halinde, hatta Reynold Sayısı'nın 10000 seviyelerine ulaşması gerekmektedir.

### Hazırlayan

Mehmet Can Ateş  
Teknik Satış ve Pazar Geliştirme Mühendisi  
Brightworks Engineering  
E-Mail: mehmetcan.ates@bwetr.com

### Sponsorlar

