

ENJEKSİYON PROSESİ

PARAMETRELERİN HEPSİ KONTROL ALTINDADIR

ROBUST PROSES : DEĞİŞKEN OLMAYAN PROSES

HEDEF :

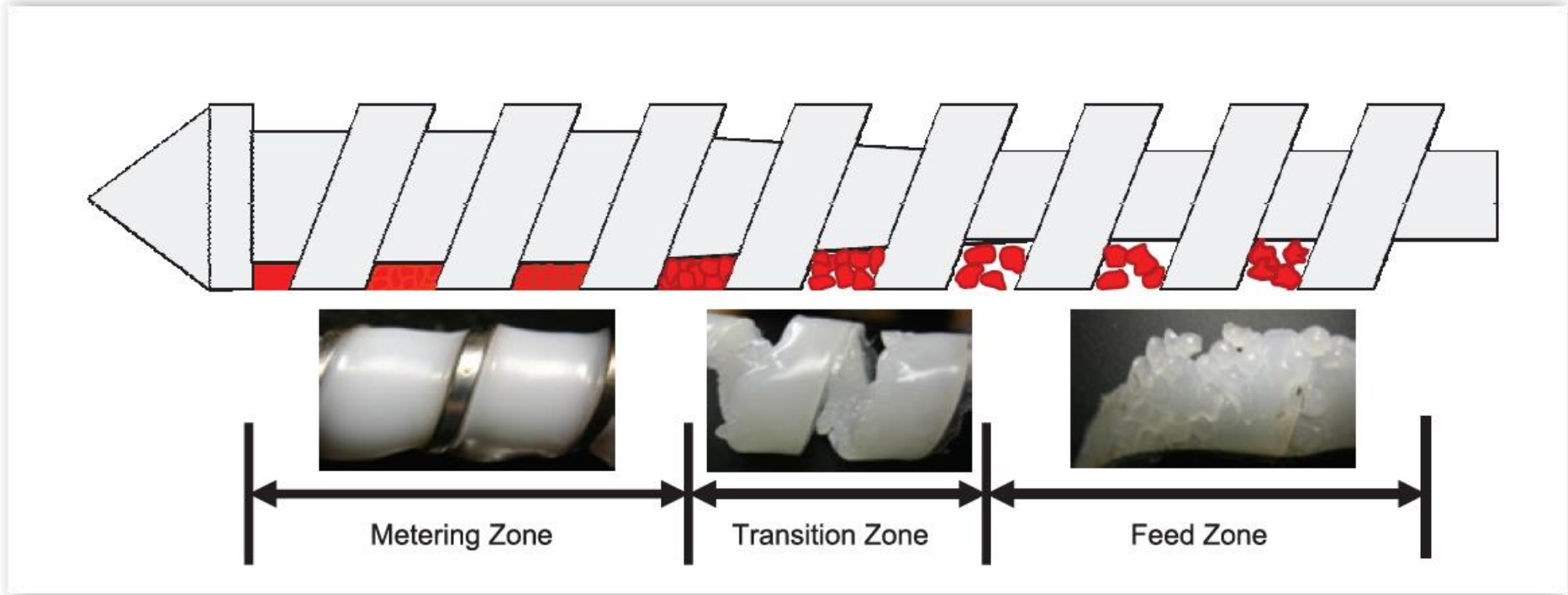
- HER BASKI
- HER KAVİTE (göz)
- HER DEVREYE ALMA sonucu aynı olmalıdır

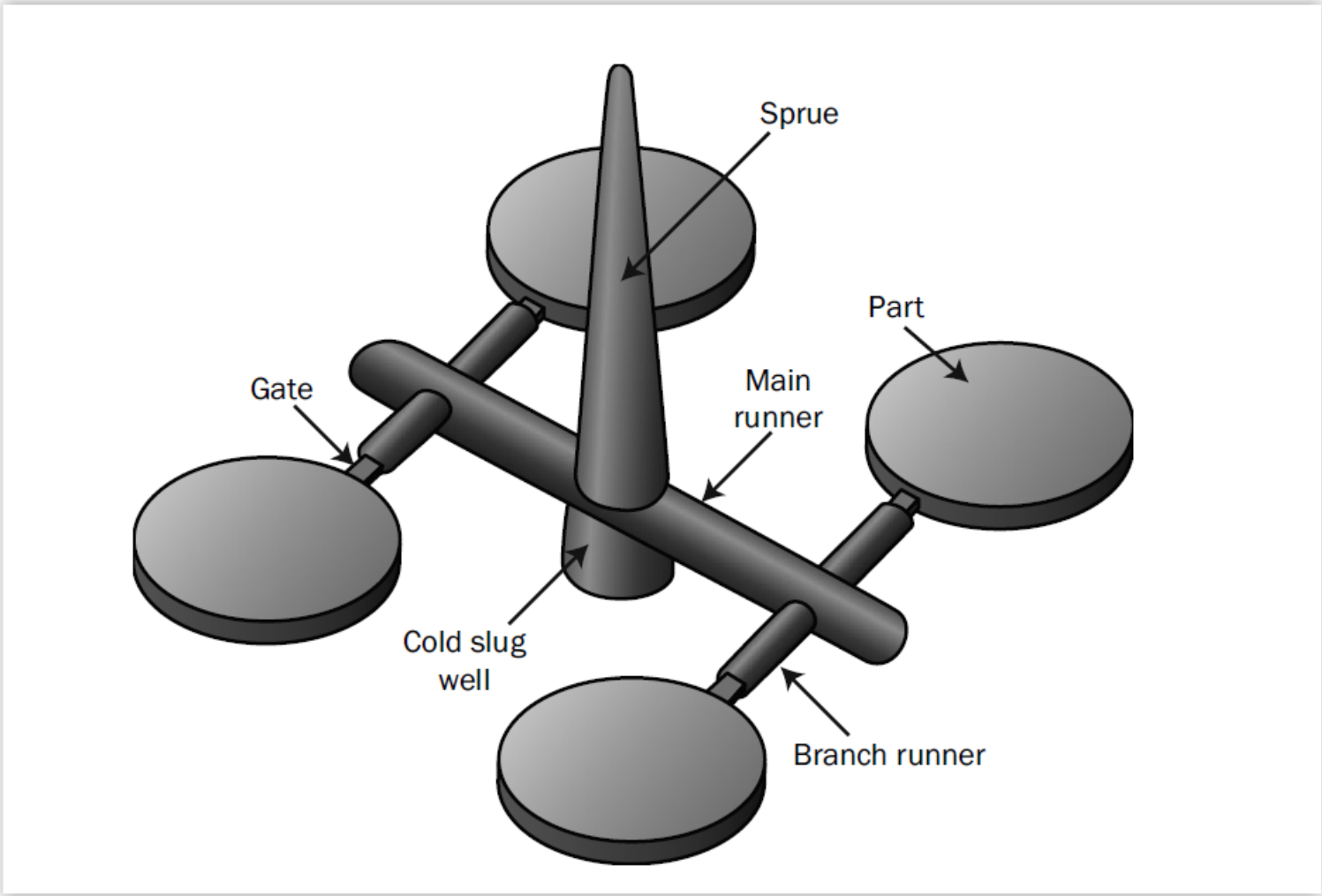
STANDART BİR ÜRETİM İÇİN EN İYİ DURUMDA OLMASI GEREKENLER :

- 1. PARÇA TASARIMI**
- 2. MALZEME SEÇİMİ**
- 3. KALIP TASARIM VE YAPISI**
- 4. ENJ MAKİNESİ**
- 5. PROSES**

SIVI FAZDAKİ PLASTİK SIKIŞTIRILABİLİR Mİ ?







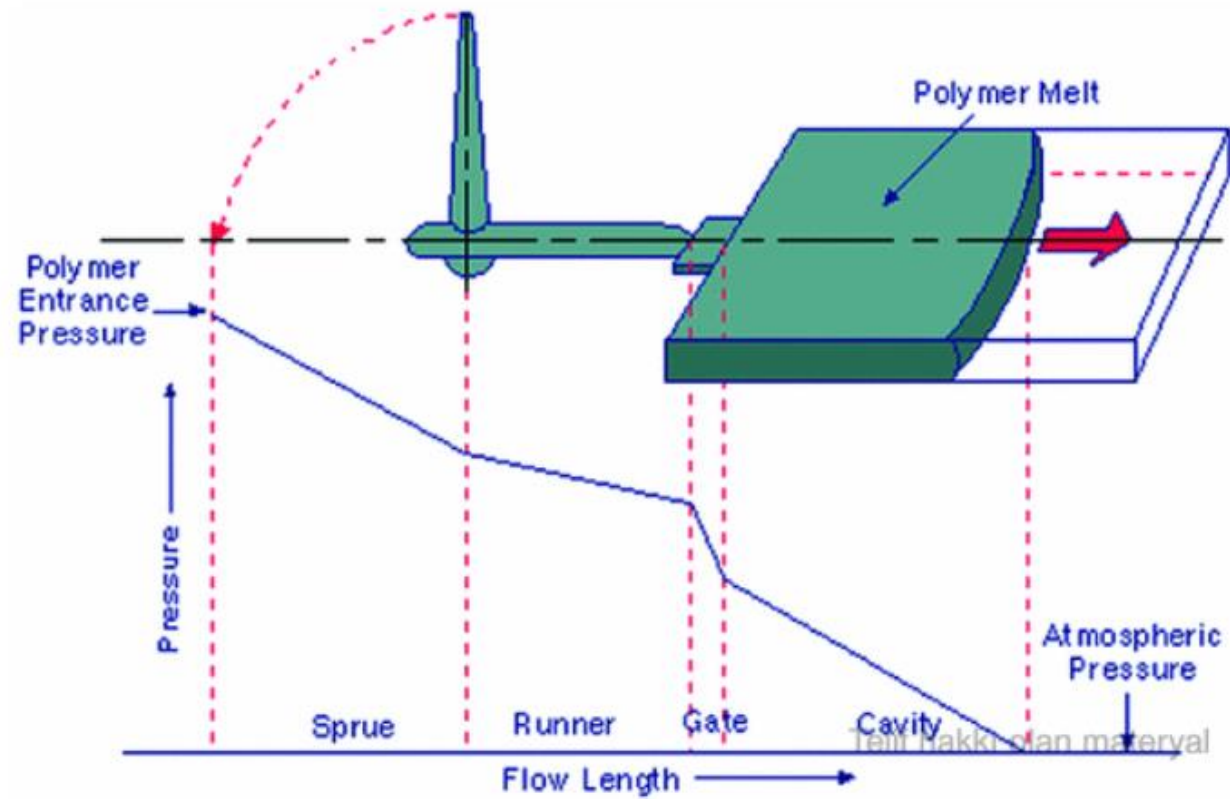
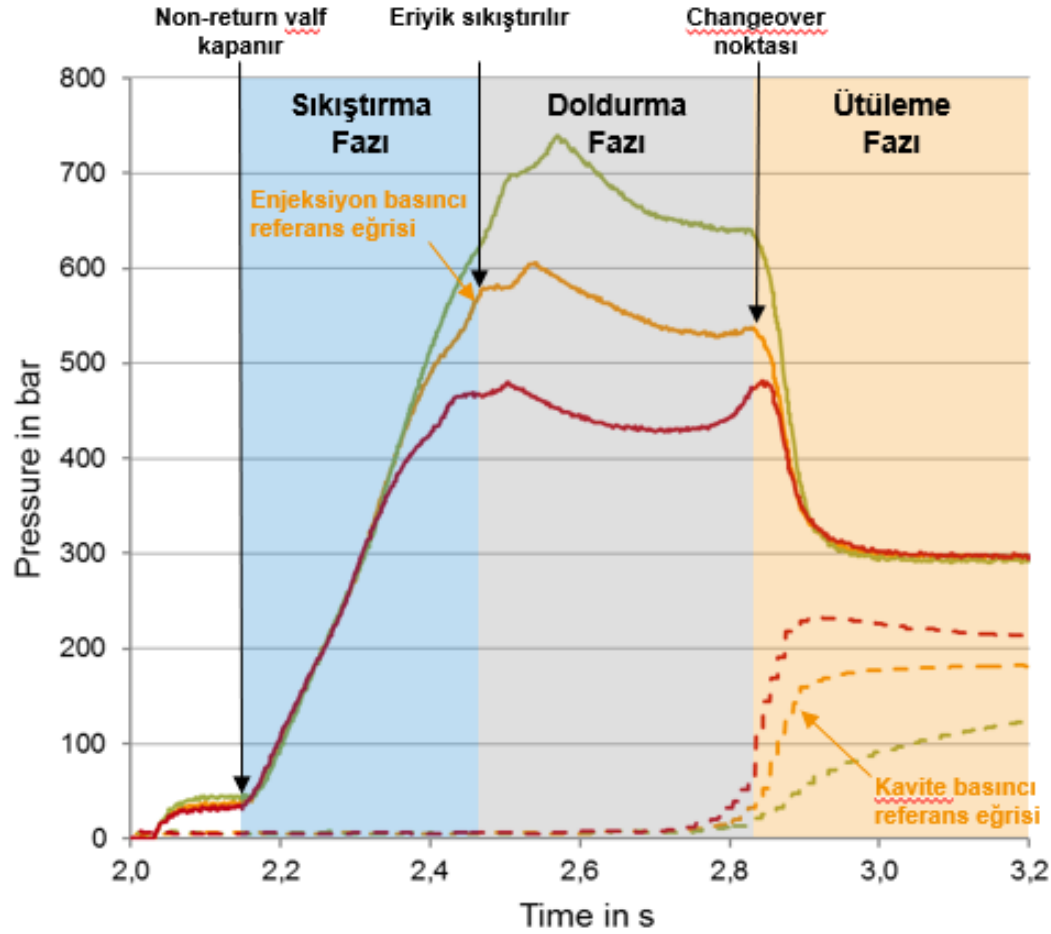


Fig. 1.4 Pressure decreases along the delivery system and the cavity (Zhou 2013)



Viskozite

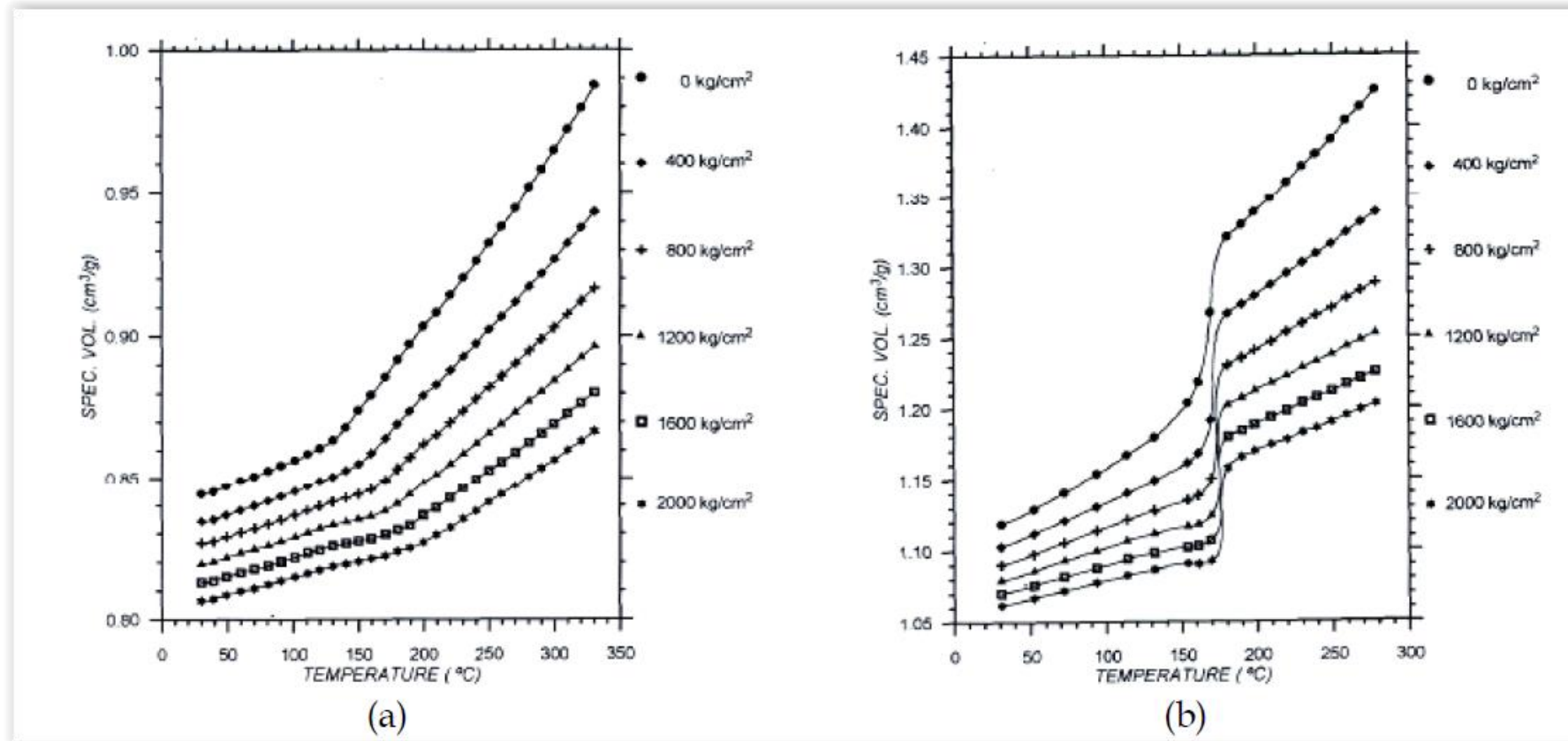
MFI: 11

MFI: 6

MFI: 19

- p mass, reference (MFI 11, reference)
- p mass w/o APC+ (MFI 6, higher viscosity)
- p mass w/o APC+ (MFI 19, lower viscosity)
- - - p cavity, reference (MFI 11, reference)
- - - p cavity w/o APC+ (MFI 6, higher viscosity)
- - - p cavity w/o APC+ (MFI 19, lower viscosity)

Pressure Volume Temperature (Basınç Hacim Sıcaklık) ilişkisini gösteren PVT diyagramı



a) Amorf plastik PVT

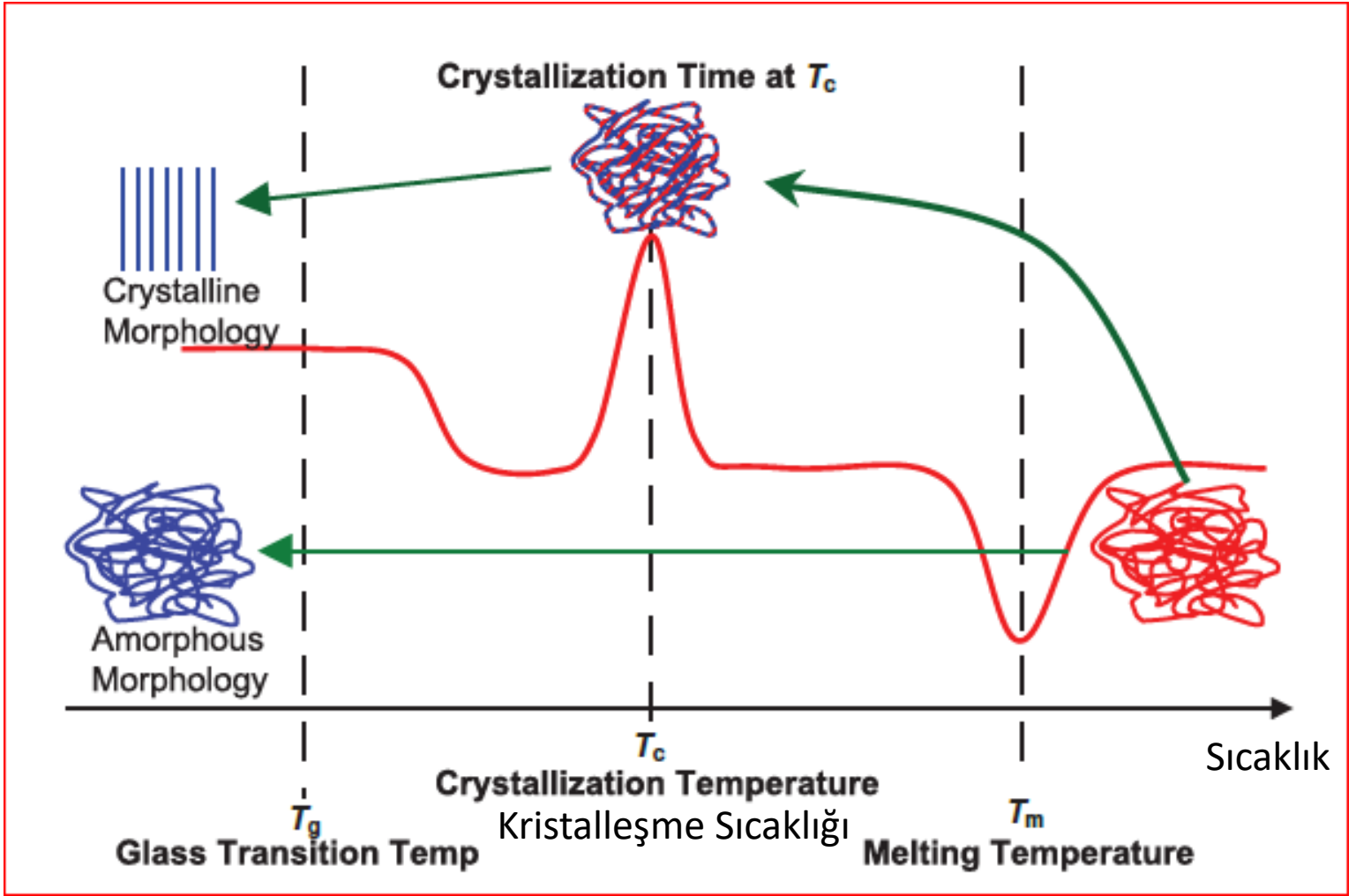
b) Yarı-kristal plastik PVT

Yüksek sıcaklıklarda spesifik hacim büyük , yoğunluk ve ağırlık düşük
Düşük basınçlarda spesifik hacim büyük , yoğunluk ve ağırlık düşük

Spesifik Hacim : $\text{cm}^3 / 1 \text{ Gram polymer}$

Spesifik Hacim : f (Basınç , Sıcaklık)

Spesifik hacim yada parça hacmi , basınç ve sıcaklığın bir fonksyonudur.



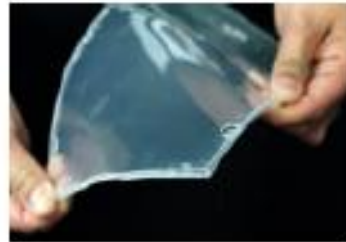
Camsı Katılma Sıcaklığı

Erime Sıcaklığı



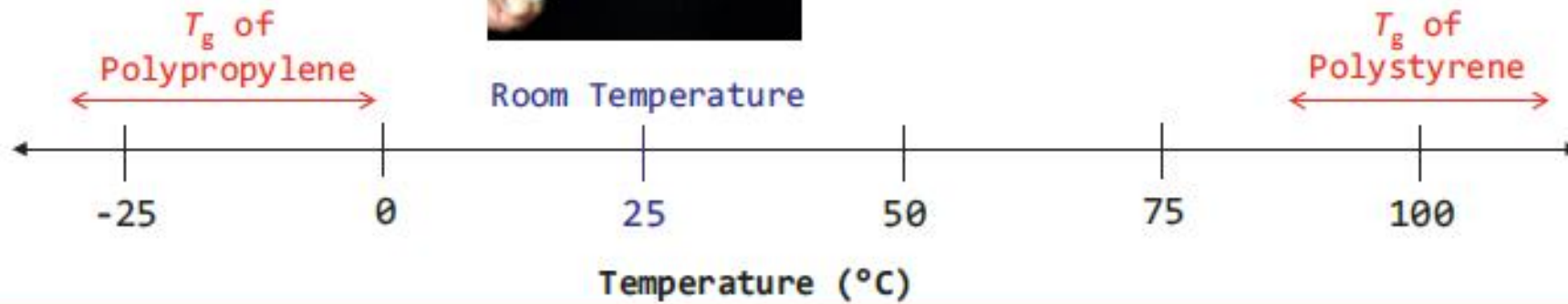
Polystyrene is brittle at room temperature

Polistiren oda sıcaklığında kırılığandır.



Polypropylene is flexible at room temperature

PP Oda sıcaklığında esnektir



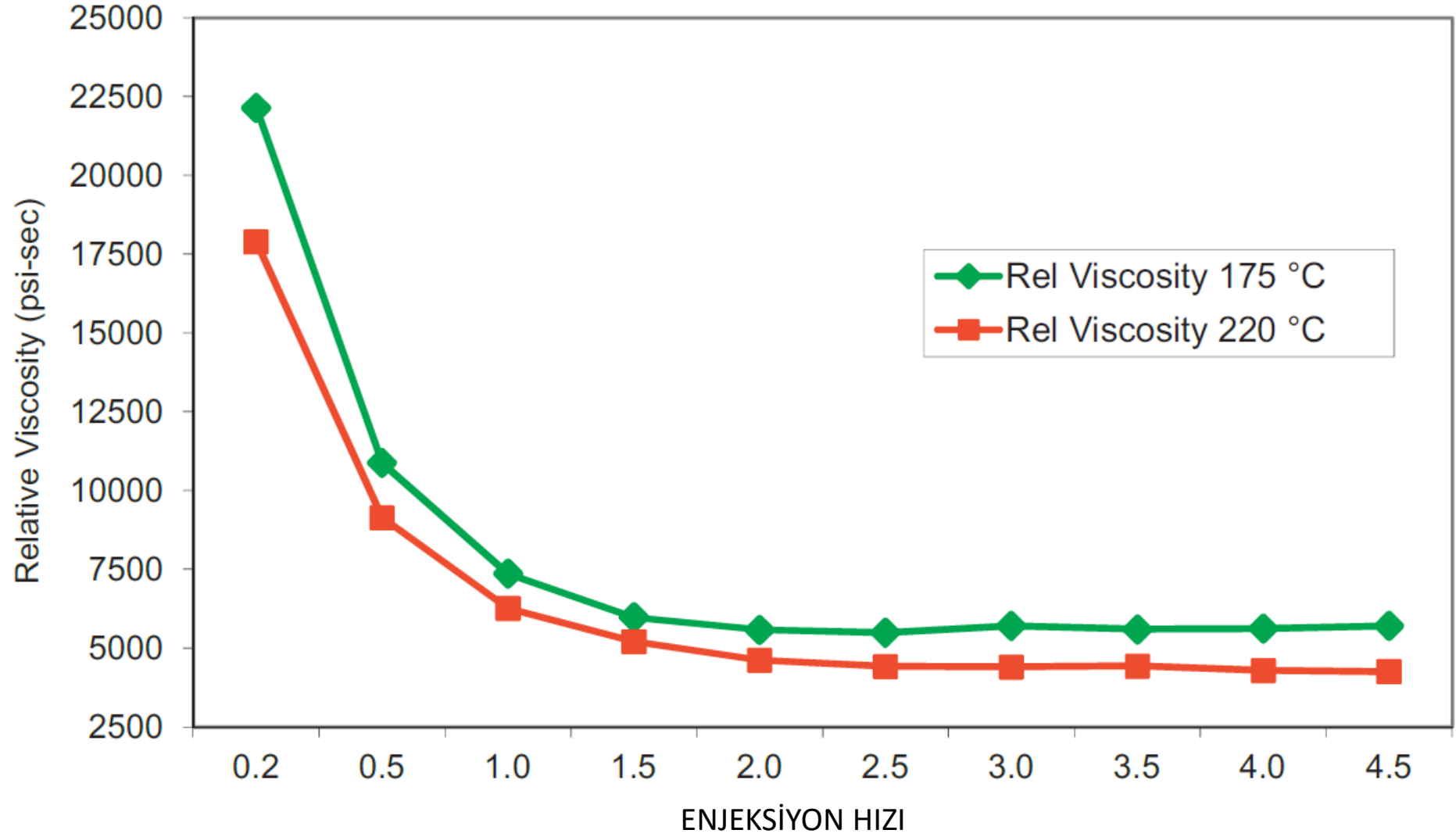
POLİMERLERİN «CAMSİ GEÇİŞ» VE ERİME SICAKLIKLARI

| Polymer | T_g (°C) | T_m (°C) |
|---------------------------------------|------------|------------|
| Natural rubber | -73 | 36 |
| Nylon 6 | 50 | 250 |
| Polybutadiene (trans-) | -54 | 47 |
| High density polyethylene (HDPE) | -125 | 146 |
| Polypropylene (syndiotactic) | -8 | 204 |
| Polystyrene (PS) | 100 | 250 |
| Polyvinyl chloride (PVC) | -18 | 191 |
| Polycarbonate (PC) | 150 | 243 |
| Acrylonitrile butadiene styrene (ABS) | 104 | - |

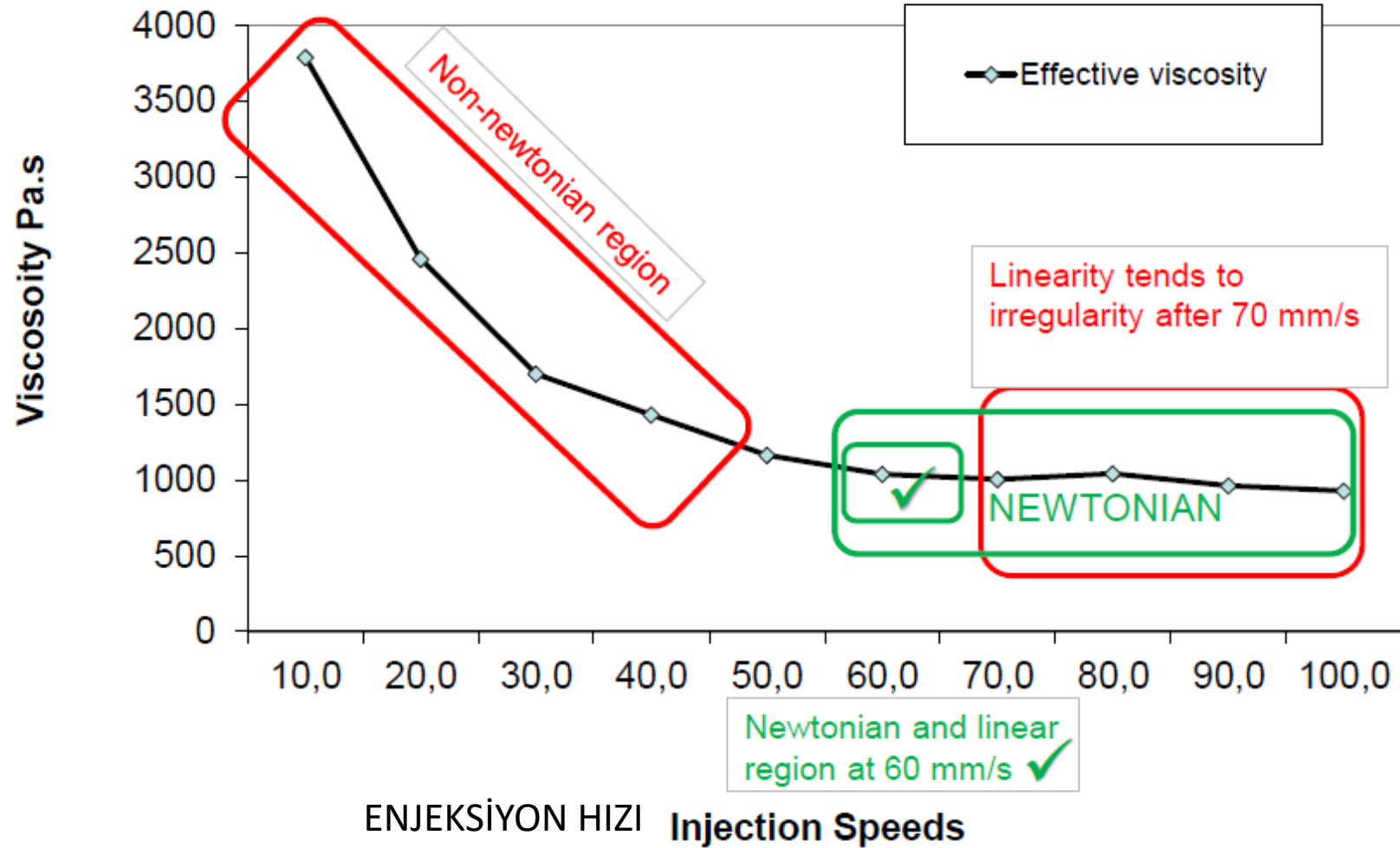
* Because there are several grades of the same base polymers, and moreover, because the plastic purchased from suppliers always has additives blended in, the values here should be used for reference only. As in the case of ABS, which is a ter-polymer, the T_g will drop with increasing amounts of the butadiene content.

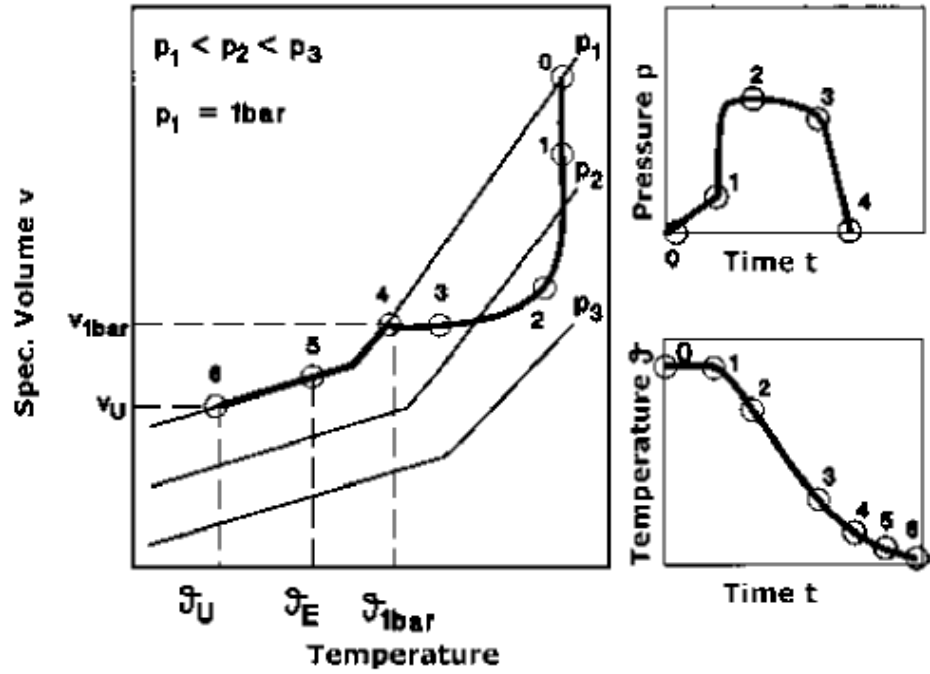
| PROSES | AMORF PC , ABS , | YARI KRİSTAL PP , |
|------------------------------------|--|--|
| Kalıp dolum hızı | Yavaş hız tercih et | Hızlı basmaya çalış |
| Kalıp sıcaklığı önemi | Kozmetik ve stres azaltmak için | Mekanik özellikler ,Kozmetik ve stres azaltmak için |
| Kovan Isıları | Düzenli profil | Ters profil gerekebilir |
| Eriyik sıcaklık stabilitesi | Zayıf | Düşük |
| Vida dönüş hızı | Düşük olabilir. | Yüksek olmalı. |
| Meme ucu sıcaklık kontrolü | Kolay | Düşük. Akma riski |
| Soğutma zamanı | Yüksek | Düşük |

POLİETİLEN VİSKOZİTE EĞRİSİ 175 C ve 220 C SICAKLIKTA



Effective viscosity





0 → 1 Volumetric filling

1 → 2 Compression

2 → 3 Holding effect

3 → 4 Isochronic-pressure reduction to temperature $\theta_{1\text{bar}}$

4 → 5 Cooling to demolding temperature θ_E

5 → 6 Cooling to environmental temperature θ_U

4 → 6 Volume shrinkage
$$S_V = \frac{v_{1\text{bar}} - v_U}{v_{1\text{bar}}} \cdot 100\%$$

Figure 1.23 Condition curve in the p - v - θ diagram for a semi-crystalline thermoplastic material (Courtesy: Ticona)

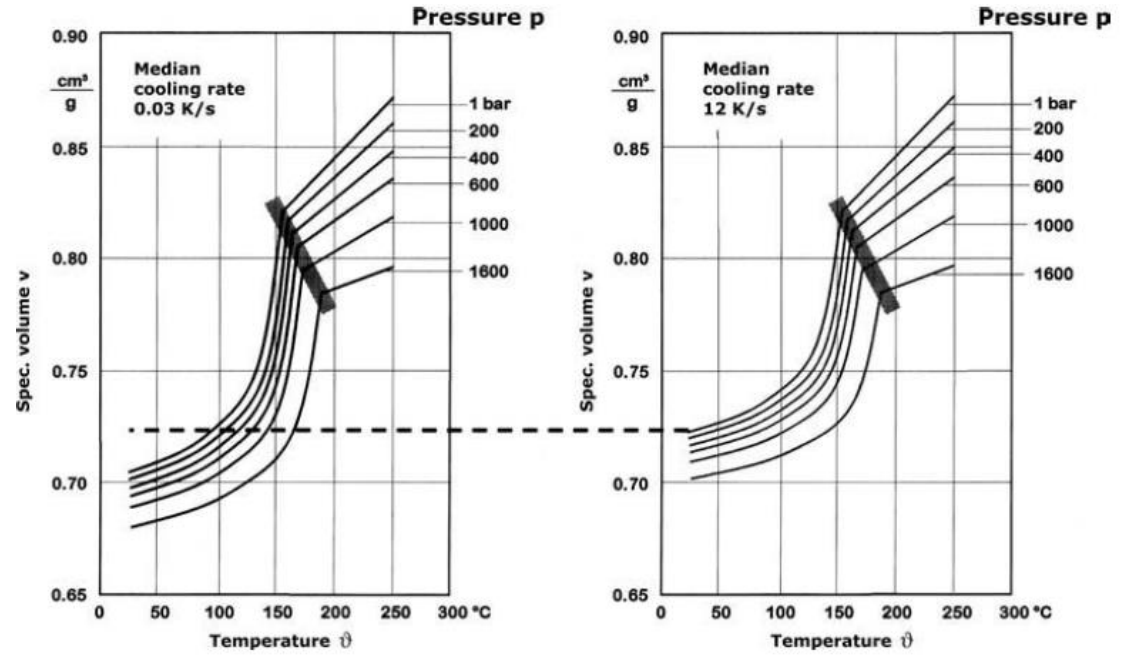
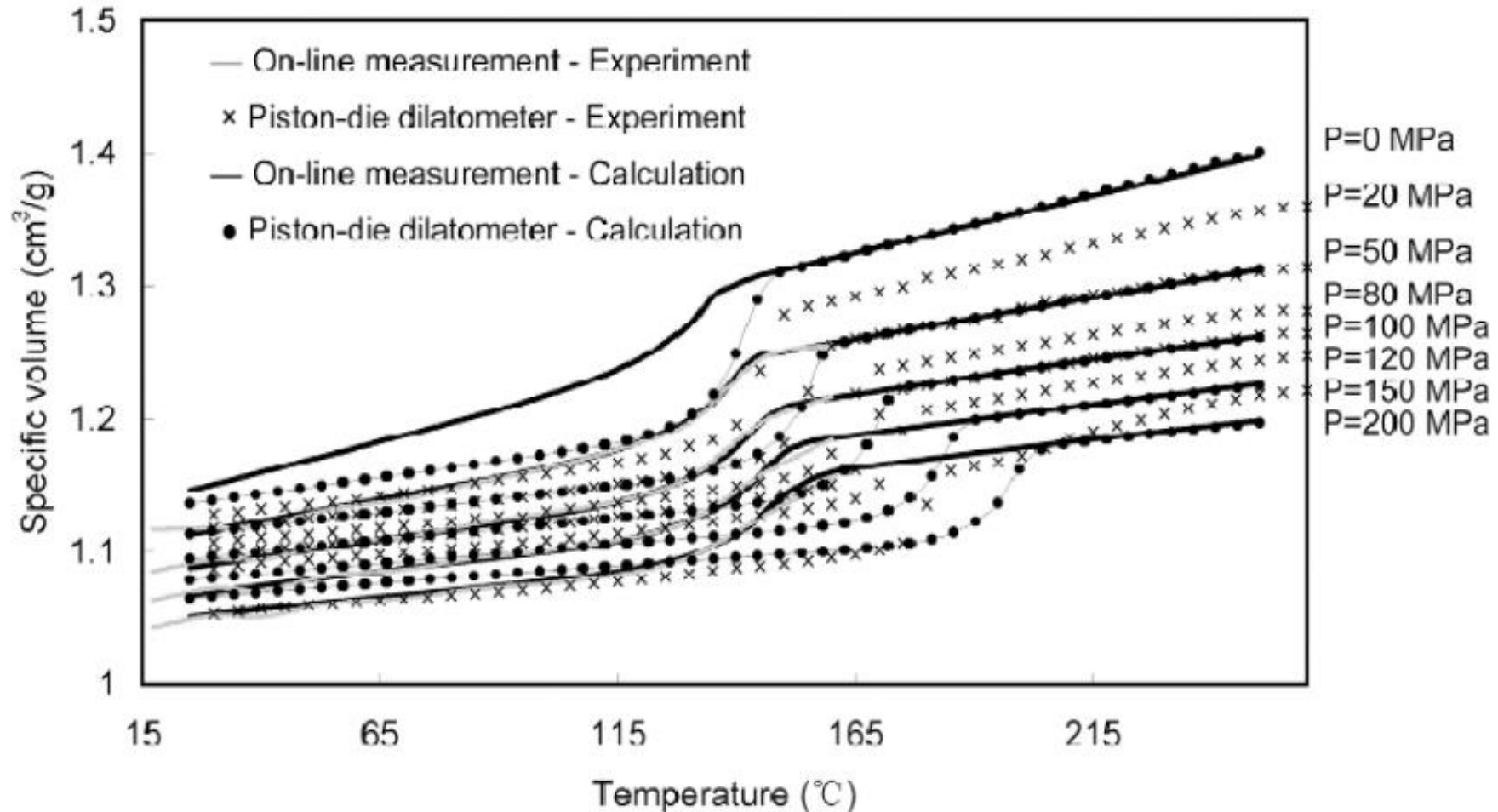


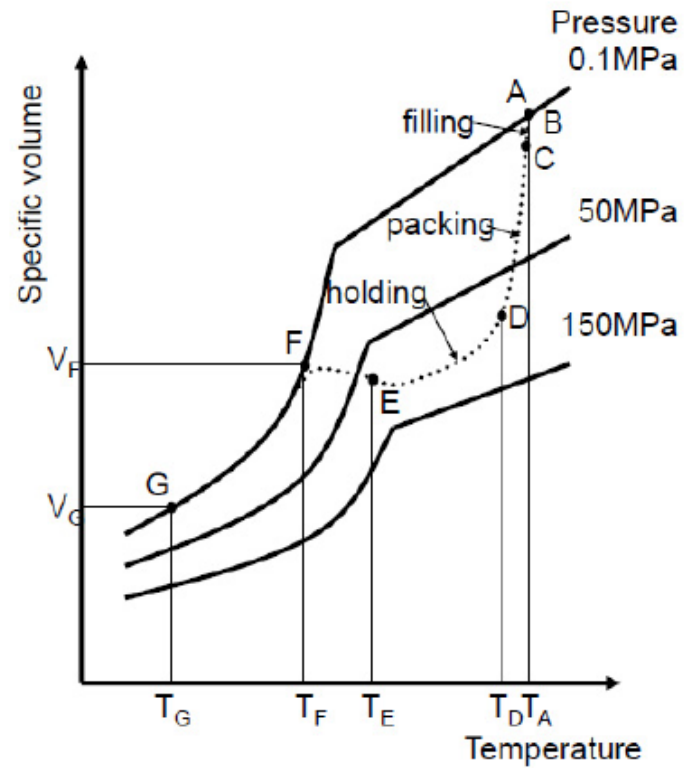
Figure 1.24 p - v - θ diagram for POM C 9021, varying cooling rate, resulting in different specific volumes for each case ie, the specific volume $v = 1/\rho$, with ρ = density (Courtesy: Ticona)

PP İÇİN PVT GRAFIĞİ

PP için makine online deneyi ve teorik hesaplama sonuçları

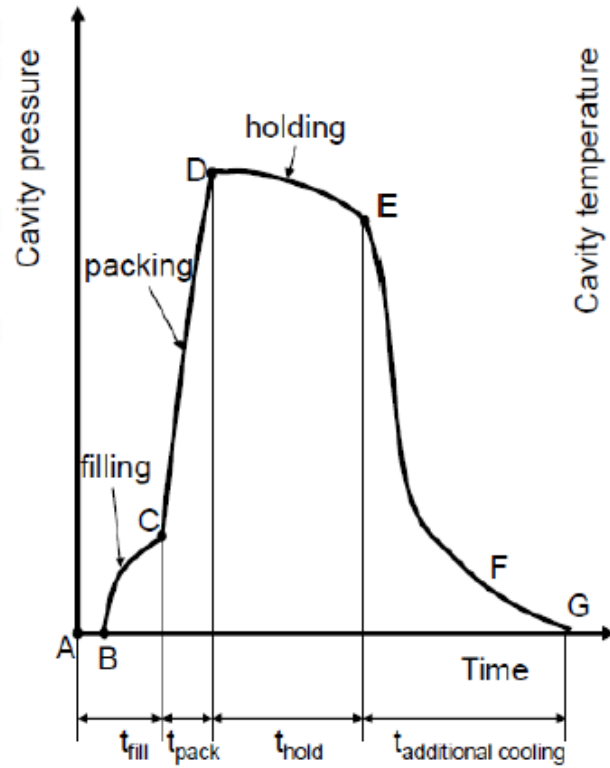


PVT



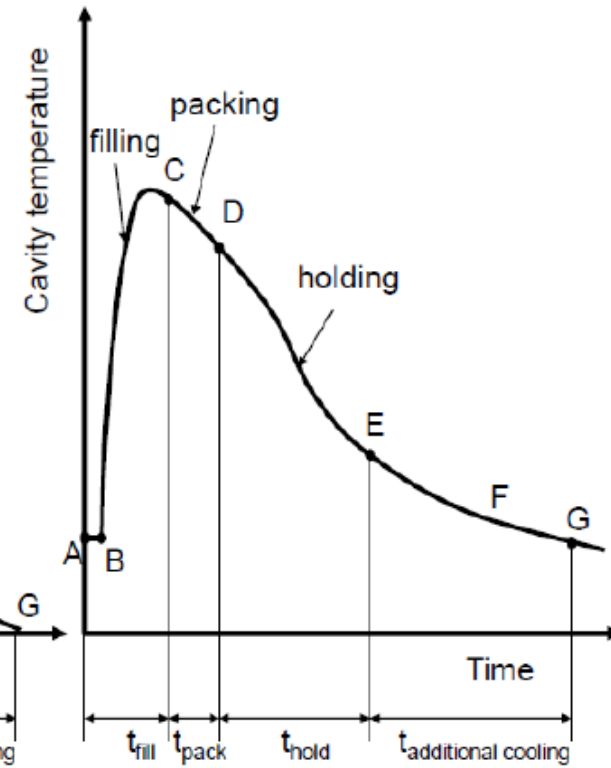
(a)

GÖZ BASINCI



(b)

GÖZ SICAKLIĞI

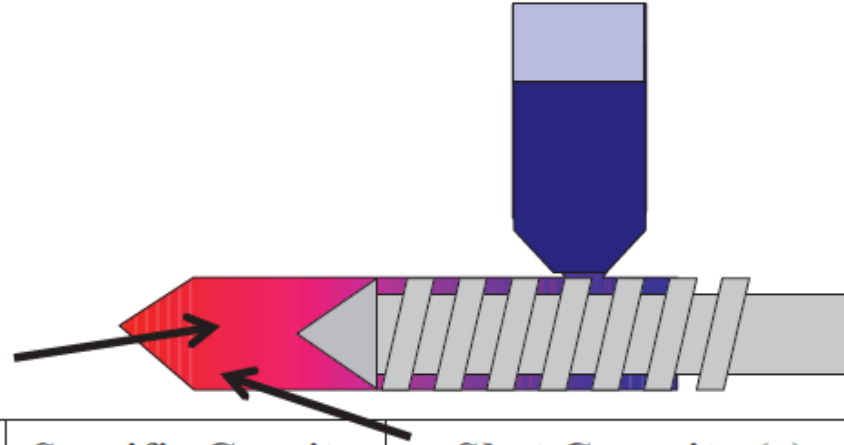


(c)

PVT diagram (a), cavity pressure profile (b) and cavity temperature profile (c).

SHOT BASKI KAPASİTESİ MALZEME CİNSİNE GÖRE DEĞİŞİR

MAXIMUM VOLUME OF
THE BARREL = V

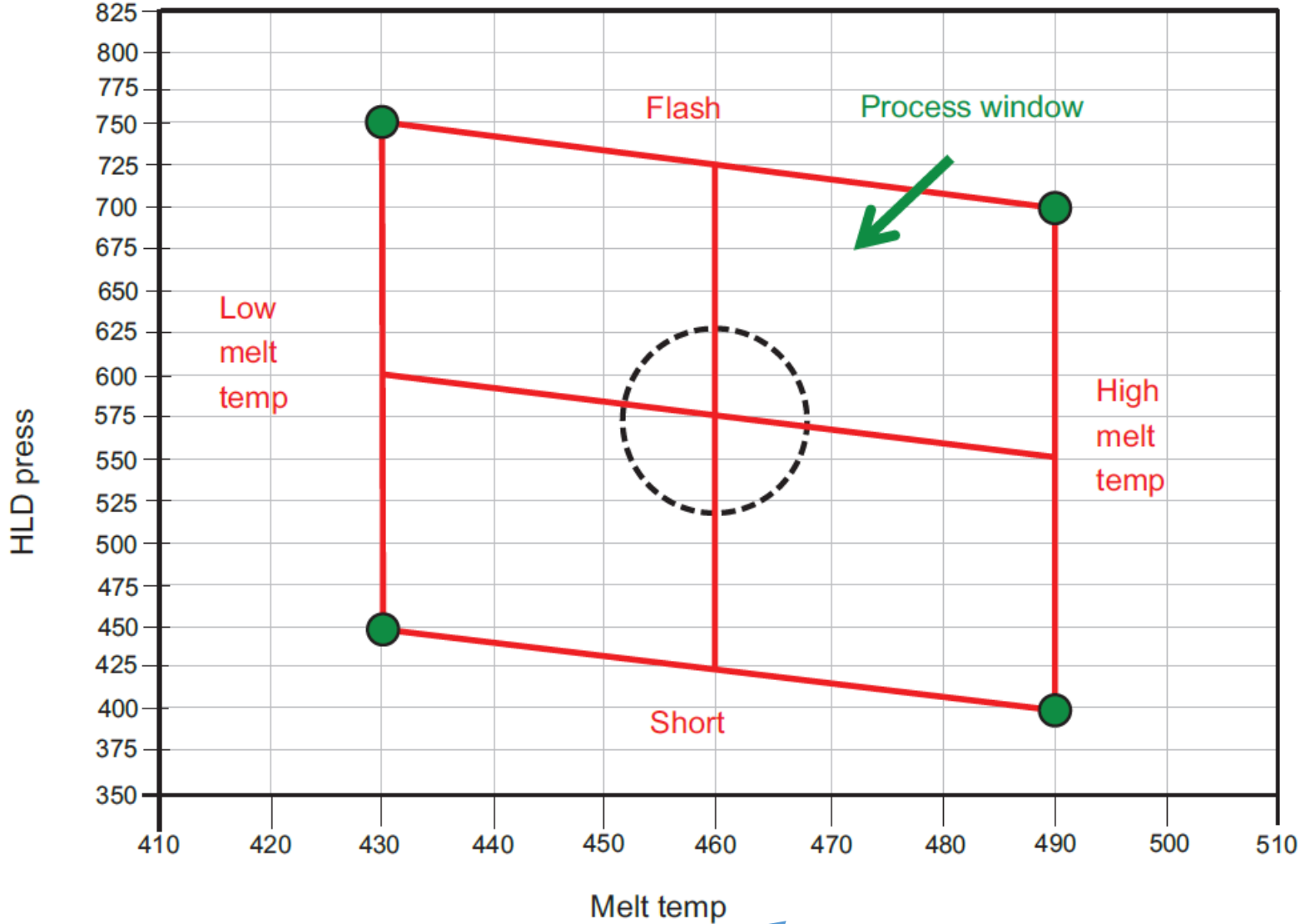


| No | Material | Specific Gravity | Shot Capacity (g) |
|----|---------------|------------------|-------------------|
| 1 | Polystyrene | 1.06 | 100 |
| 2 | Nylon 6 | 1.15 | 108 |
| 3 | Acetal | 1.42 | 134 |
| 4 | 30% GF PBT | 1.53 | 144 |
| 5 | LDPE | 0.92 | 87 |
| 6 | Polypropylene | 0.90 | 85 |

Max shot weight dependence on material densities

KOZMETİK PROSES PENCERESİNİN AYARLANMASI

KOZMETİK PENCERE AMORF YAPILI PLASTİKLER İÇİN

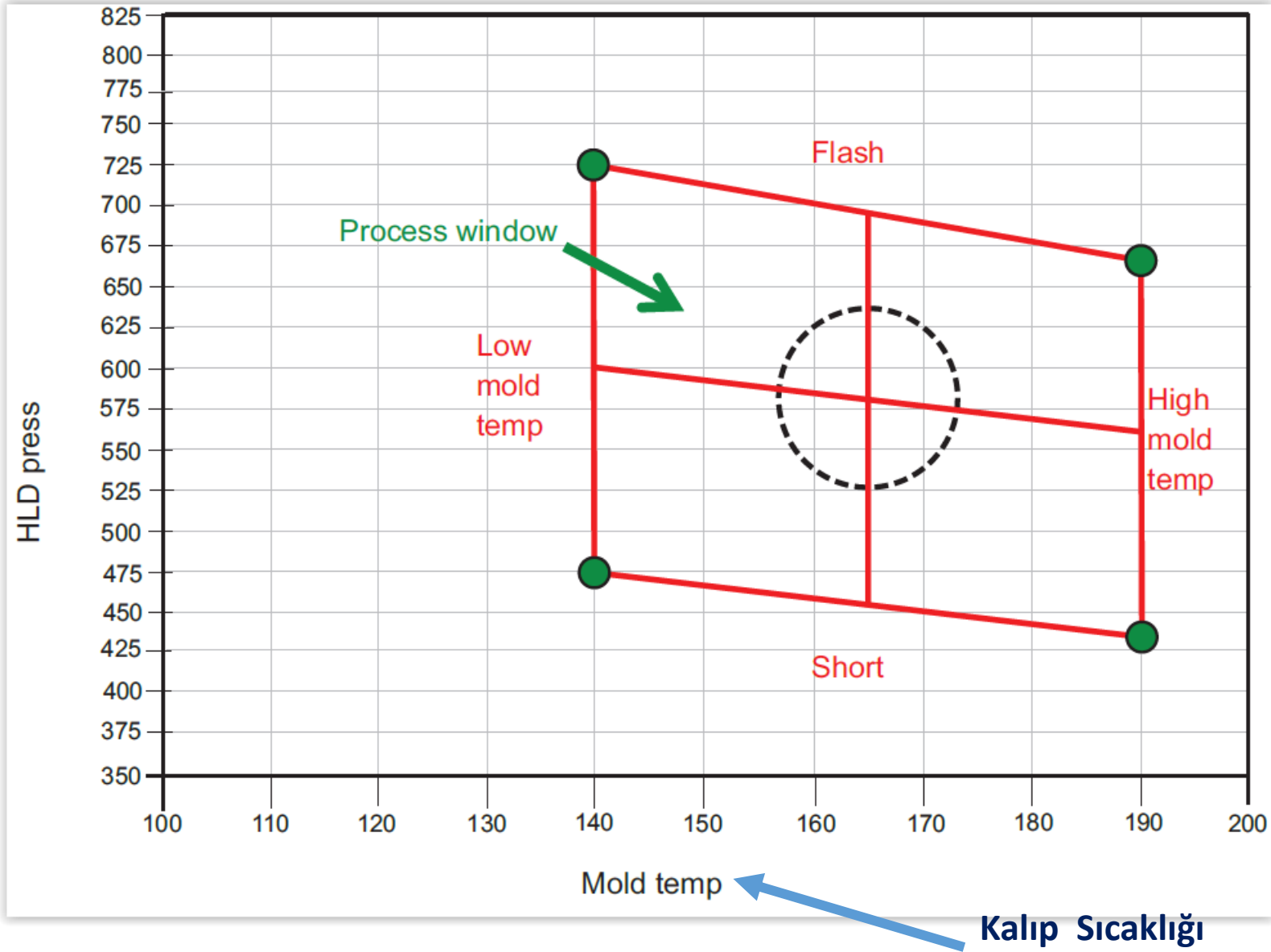


Tutma Basıncı

Eriyik Sıcaklığı

KOZMETİK PENCERE KRİSTAL YAPILI PLASTİKLER İÇİN

Tutma Basıncı



KOZMETİK PROSES PENCERESİ NİN MÜMKÜN OLDUĞU KADAR BÜYÜK OLMASI İSTENİR.

BU PENCERE BELİRLENDİKTEN SONRA « BOYUTSAL PROSES PENCERESİ » BELİRLENİR.

BOYUTSAL OLARAK OYNAYABİLMEK İÇİN KOZMETİK PENCERENİN YETERİ KADAR BÜYÜK OLMASI GEREKİR.

PLASTİK PARÇAYI ÇOK HIZLI BASMAK İYİMİDİR ?

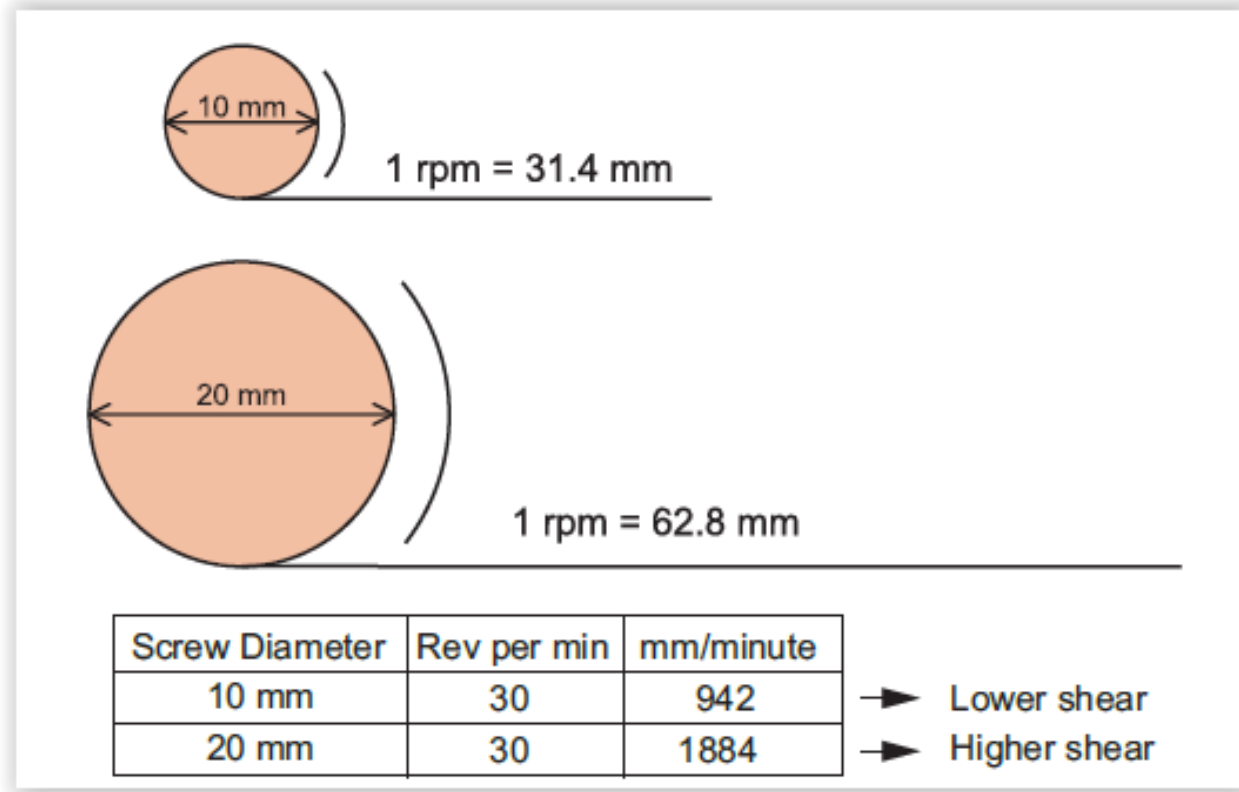
- **Hammadde degrede olabilir.**
- **Gaz atma hızı , max enj hızına yetişemeyebilir.**



Yavaş baskı

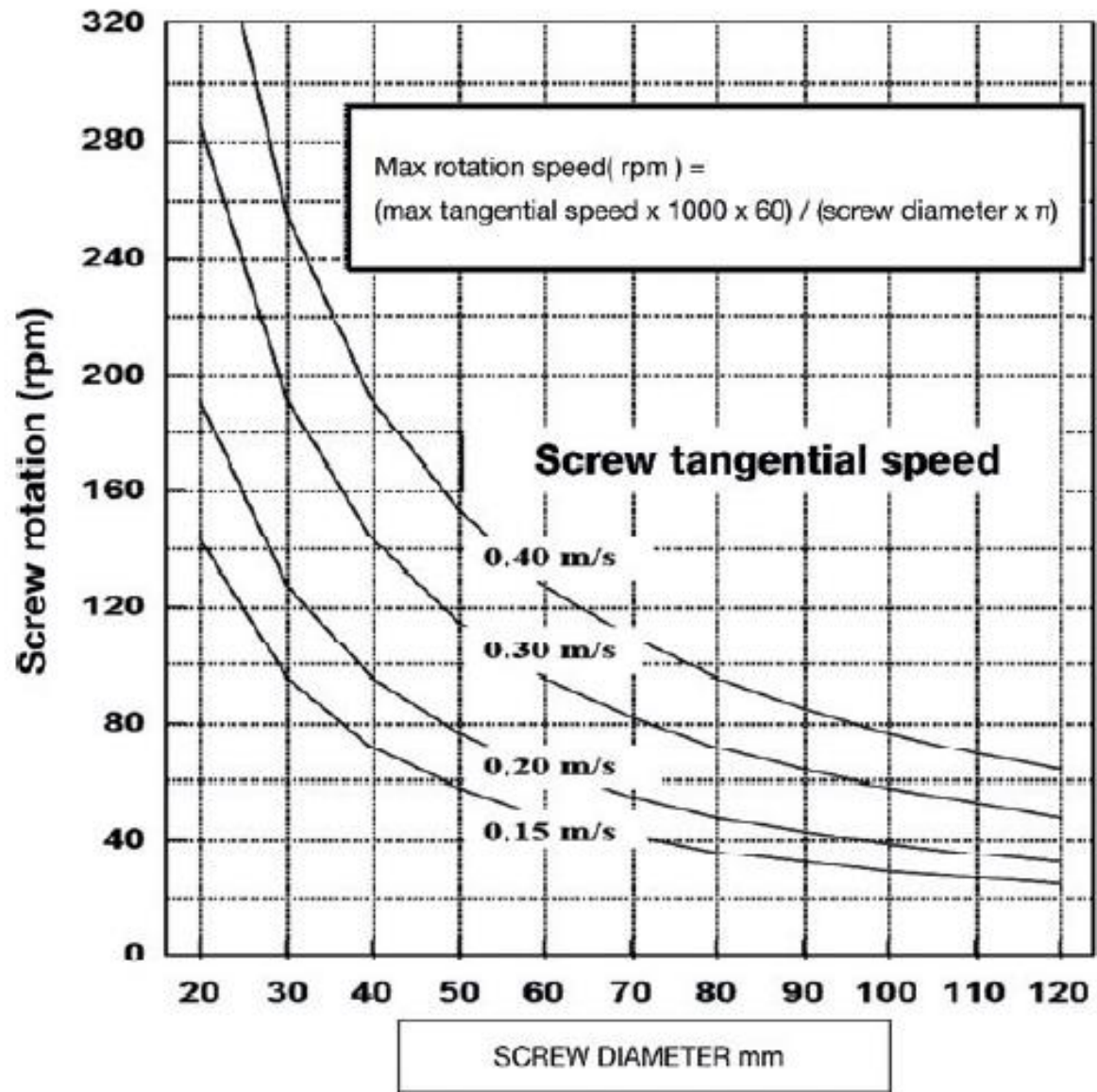
Hızlı baskı

KÜÇÜK VE BÜYÜK MAKİNALARDA RPM (DAKİKADA DÖNÜŞ HIZI) DEĞERLERİ FARKLI OLMALIDIR. RPM DEĞERİ YANILTICI OLABİLİR



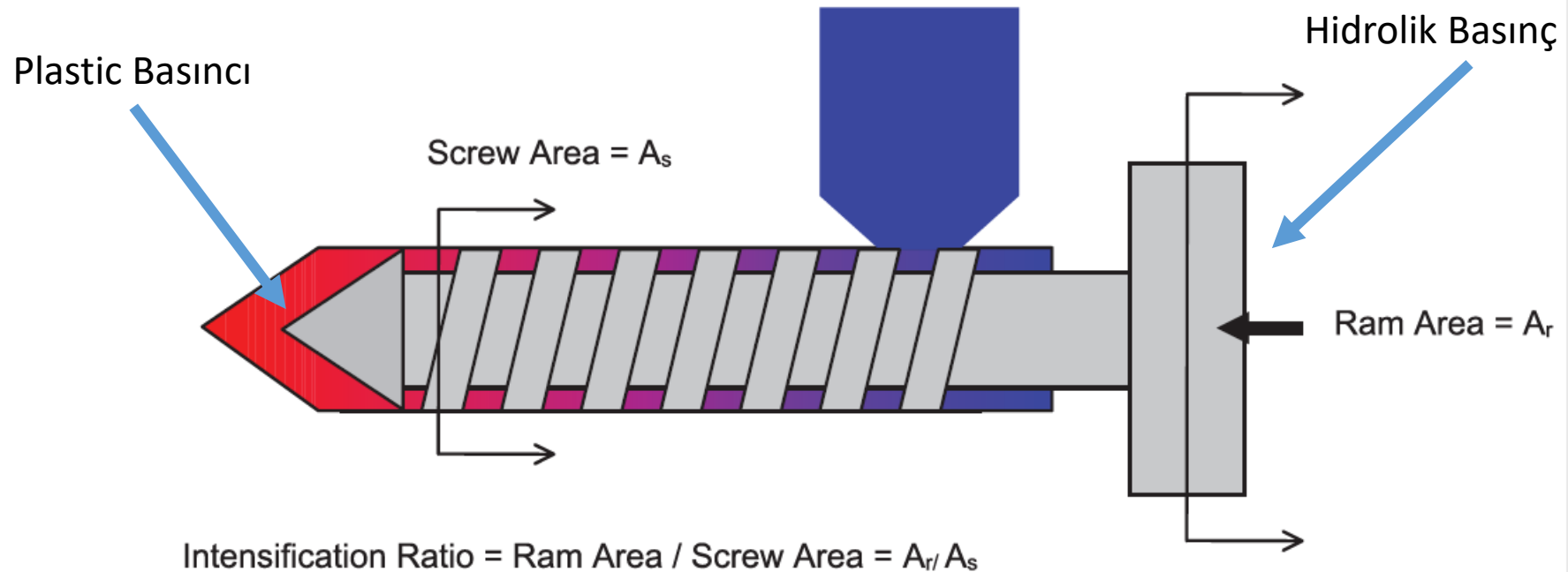
**KRİSTAL YAPILI PLASTİKLERDE YÜKSEK VİDA HIZI ,
ELYAF KATKILI PLASTİKLERDE DAHA DÜŞÜK VİDA HIZI TAVSİYE EDİLİR.**

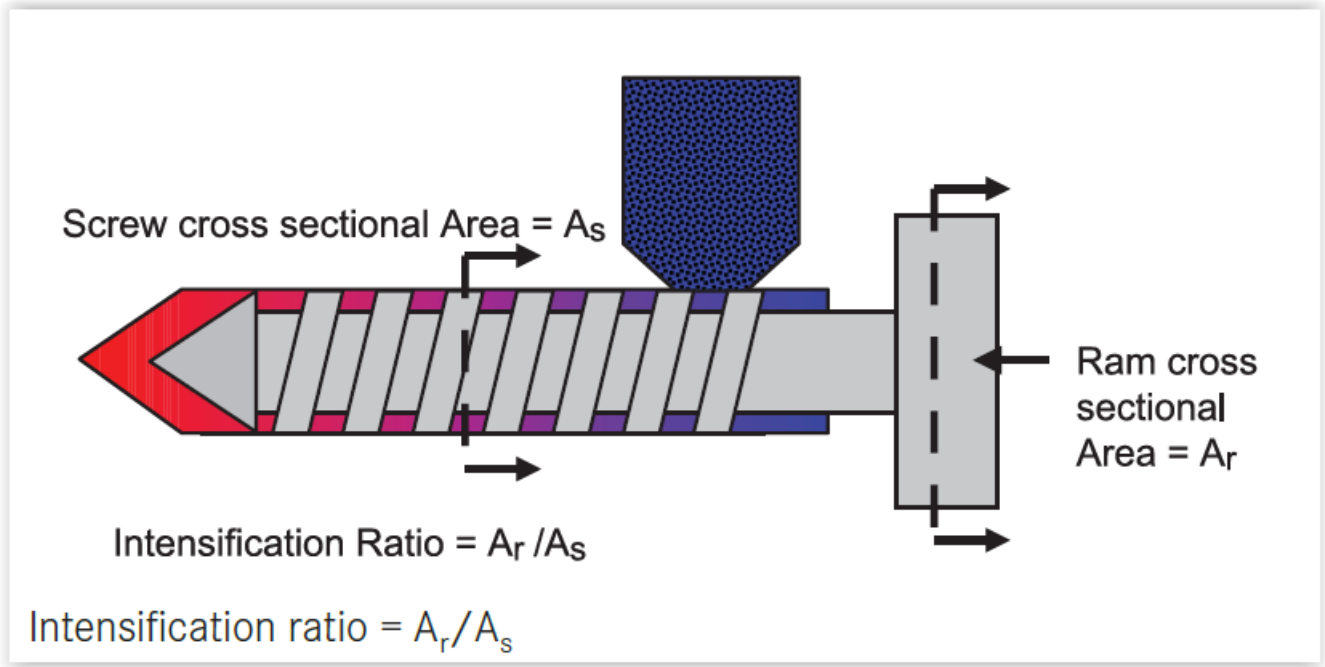
| Material | Tangential speed (m/s) |
|-------------|------------------------|
| PE | 0.8 |
| PP | 0.7 |
| PS | 0.7 |
| PA | 0.5 |
| POM | 0.1 to 0.25 |
| PET | 0.3 |
| PBT | 0.35 |
| ABS, ASA | 0.5 |
| SAN | 0.55 |
| PC | 0.35 |
| CA | 0.45 |
| PPE/PA, PPO | 0.4 |
| HYTREL | 0.4 |
| ABS/PC | 0.2 |
| PA 66 | 0.8 |
| TPU | 0.2 |



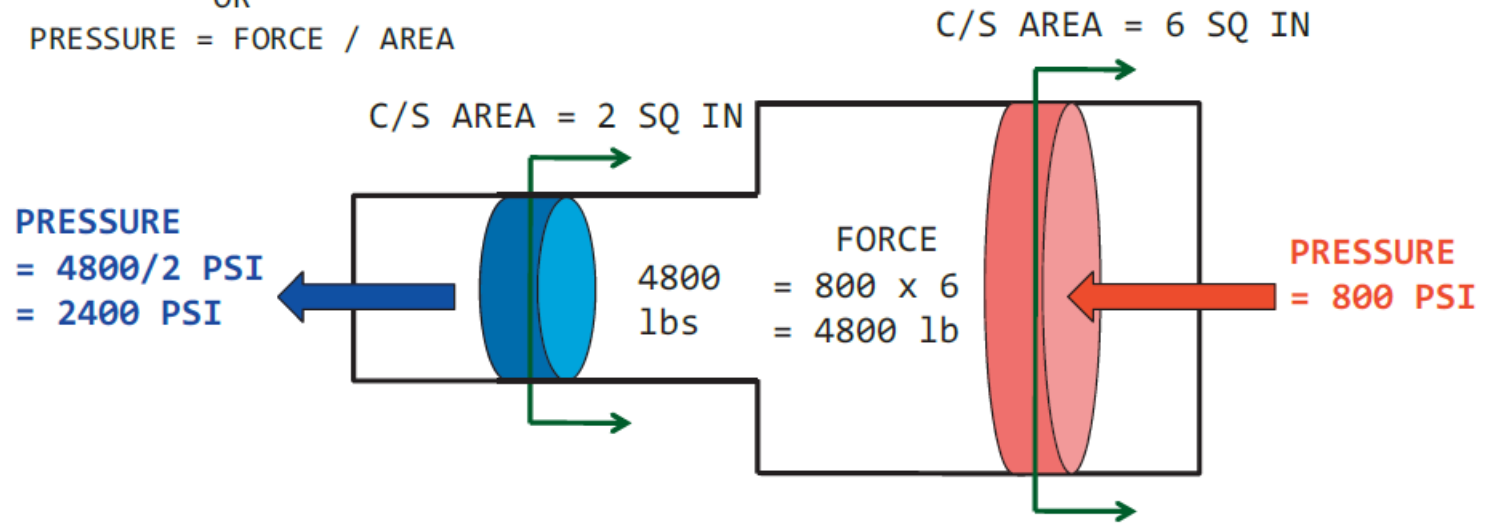
SIKLAŞTIRMA ORANI - INTENSIFICATION RATIO

Plastic Pressure = Hydraulic Pressure \times Intensification Ratio





FORCE = PRESSURE X AREA
OR
PRESSURE = FORCE / AREA



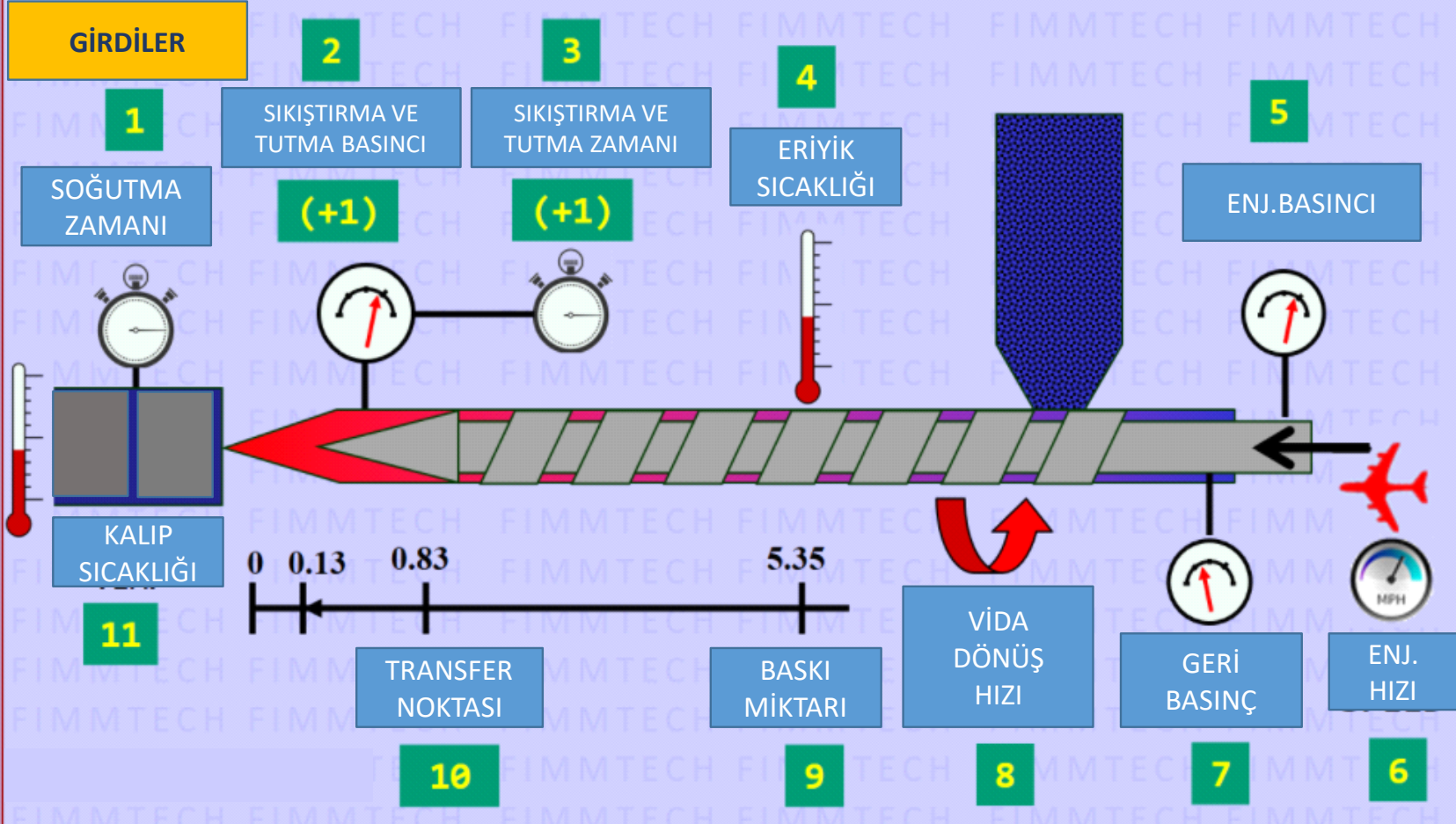
INTENSIFICATION RATIO = $A_1/A_2 = 6/2 = 3$

GERİ BASINÇ OPTİMİZASYONU :

PARÇA YÜZEYİNDE ESTETİK HATA OLMAYACAK SEVİYEDE ,
MAL ALMA ZAMANI DEĞİŞMEYECEK SEVİYİYİ SAĞLAYACAK ,
MİNİMUM GERİ BASINÇ UYGULANMALIDIR .

PARAMETRELERİN SONUÇLARA ETKİSİ

ENJEKSİYON PARAMETRELERİ



ÇIKTILAR

1. Eriyik sıcaklığı 2. Gerçekleşen kalıp sıcaklığı 3. Enjeksiyon dolum zamanı 4. Max. enjeksiyon basıncı
5. Transfer basıncı 6. Yastıklama değeri 7. Mal alma zamanı 8. Cycle Time

DOE İÇİN ÖNEMLİ PARAMETRE GİRDİLERİNİN KALİTEYE ETKİSİ

(DOE : Parametrelerle deney tasarımı)

1. Enjeksiyon Hızı DOE No Kozmetik etki
2. Enjeksiyon Basıncı DOE No
3. Packing ve Tutma basınçları DOE Yes Strong etki
4. Packing ve Tutma zamanları DOE Yes sadece hot runner'lı kalıp için
5. Eriyik sıcaklığı DOE Yes (ABS ,PC gibi amorf plastikler için)
6. Kalıp sıcaklığı DOE Yes (PE , PP gibi kristal yapıllı plastikler için)
7. Shot size ve Transfer (switch over) pozisyonu . DOE No
8. Geri Baiñç DOE No
9. Vida dönme hızı DOE No
10. Soğutma zamanı DOE Yes

Proses Parametre Optimizasyonu ve DOE de kullanılabilirlik yes-no

| No. | Factor | Method of Optimization | To be used in DOE? Y/N |
|-----|----------------------|-------------------------------------|---|
| 1 | Injection speed | Viscosity curve | No (exceptions exist) |
| 2 | Injection pressure | Pressure drop study | No |
| 3 | Pack pressure | Cosmetic process window study | Yes |
| 4 | Hold pressure | Cosmetic process window study | Yes |
| 5 | Pack time | Gate seal study | No for cold runner Yes for hot tip, valve gate |
| 6 | Hold time | Gate seal study | No for cold runner Yes for hot tip |
| 7 | Cooling time | Cooling time study | Yes |
| 8 | Melt temperature | Cosmetic process window | Yes for amorphous materials No for crystalline materials |
| 9 | Mold temperature | Cosmetic process window | No for amorphous materials Yes for crystalline materials |
| 10 | Screw rotation speed | Minimum required – melt homogeneity | No |
| 11 | Back pressure | Minimum required – cosmetics | No |
| 12 | Shot size | Part fill of 95–98% | No |
| 13 | Transfer | Part fill of 95–98% | No |

DENEY FAKTÖRLERİ ÖZET

1. Hold PressureYES
2. Cooling TimeYES
3. Melt Temperature } VEYA PE , PP için her ikisinde
4. Mold Temperature }
5. Pack TimeYES , (SICAK YOLLUK VE VALF GATE VARSA)

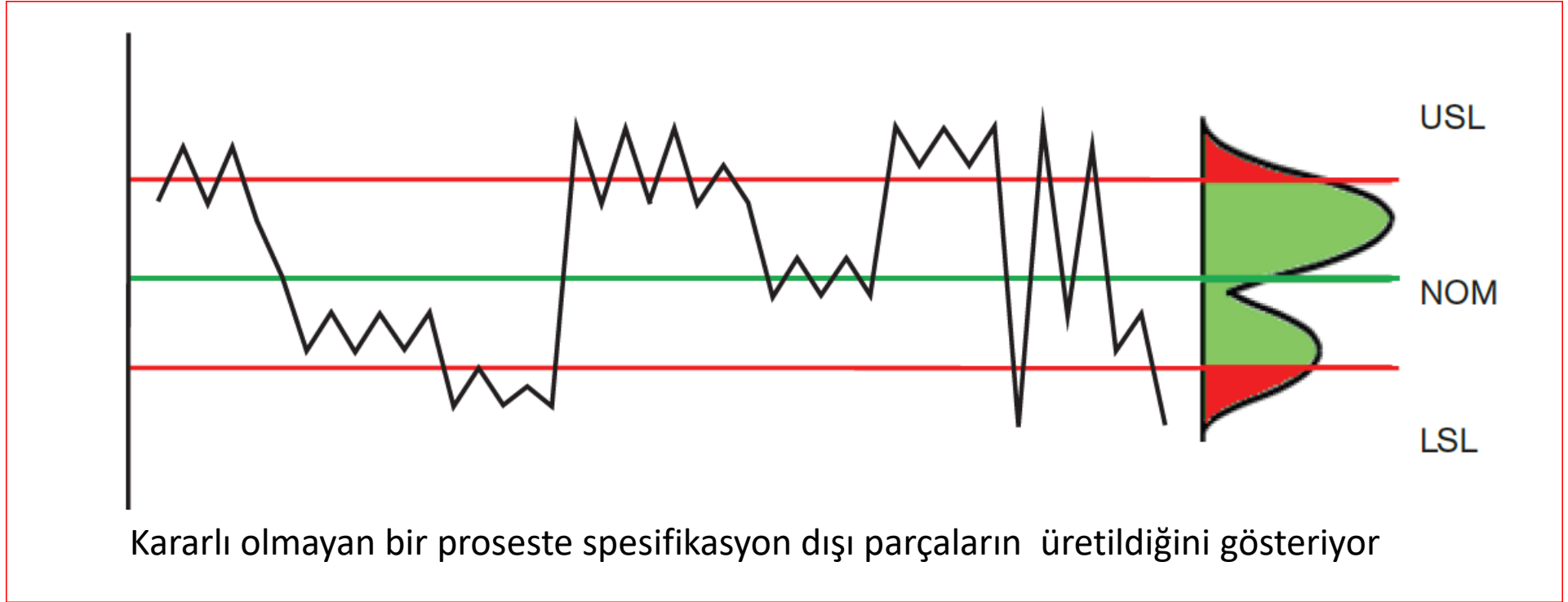
MAX KULLANILABİLECEK FAKTÖR SAYISI = 5, FAKAT ÇOĞU ZAMAN = 3

DOE Analizinde en etkili 2 parametreyi 2 seviyede incellerseniz , $2^2 = 4$ deney yapmalısınız.
en etkili 3 parametreyi 2 seviyede incellerseniz , $2^3 = 8$ deney yapmalısınız.

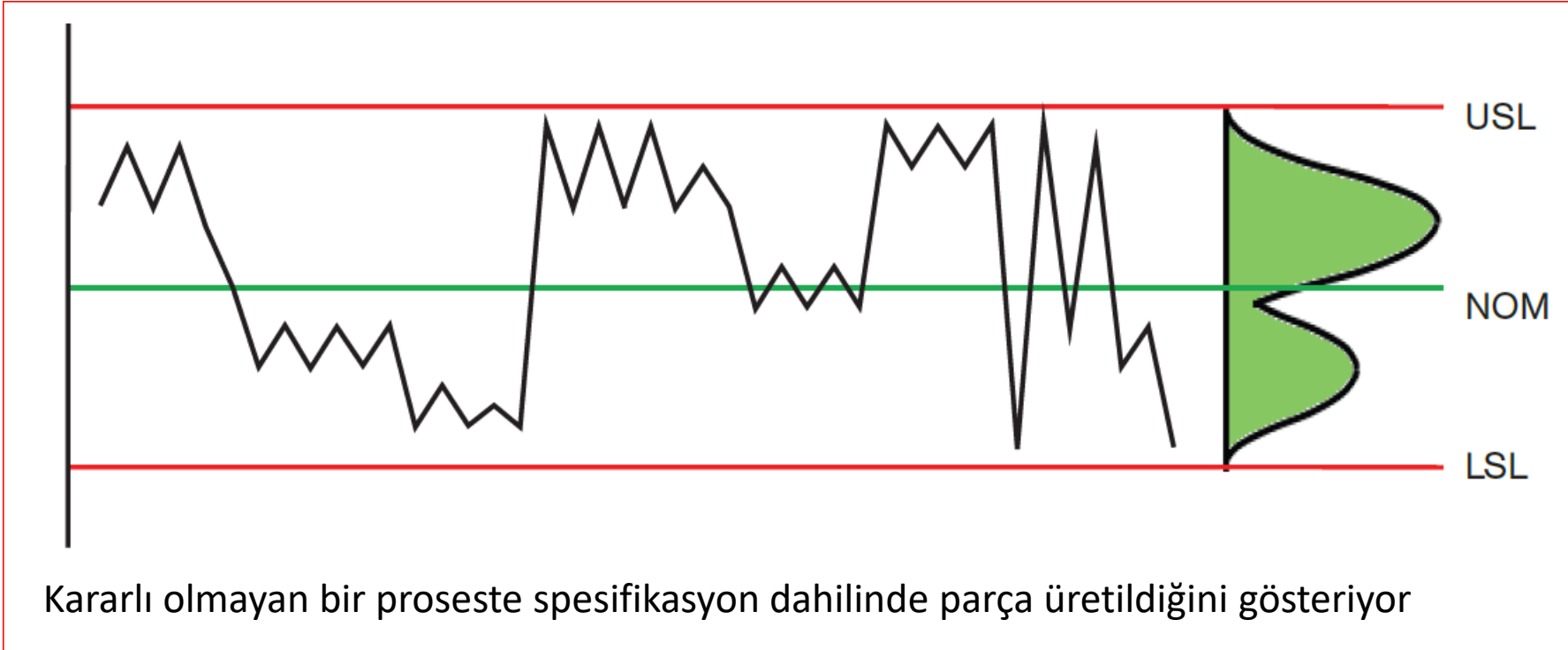
Seviye 1 : düşük Seviye 2 : yüksek

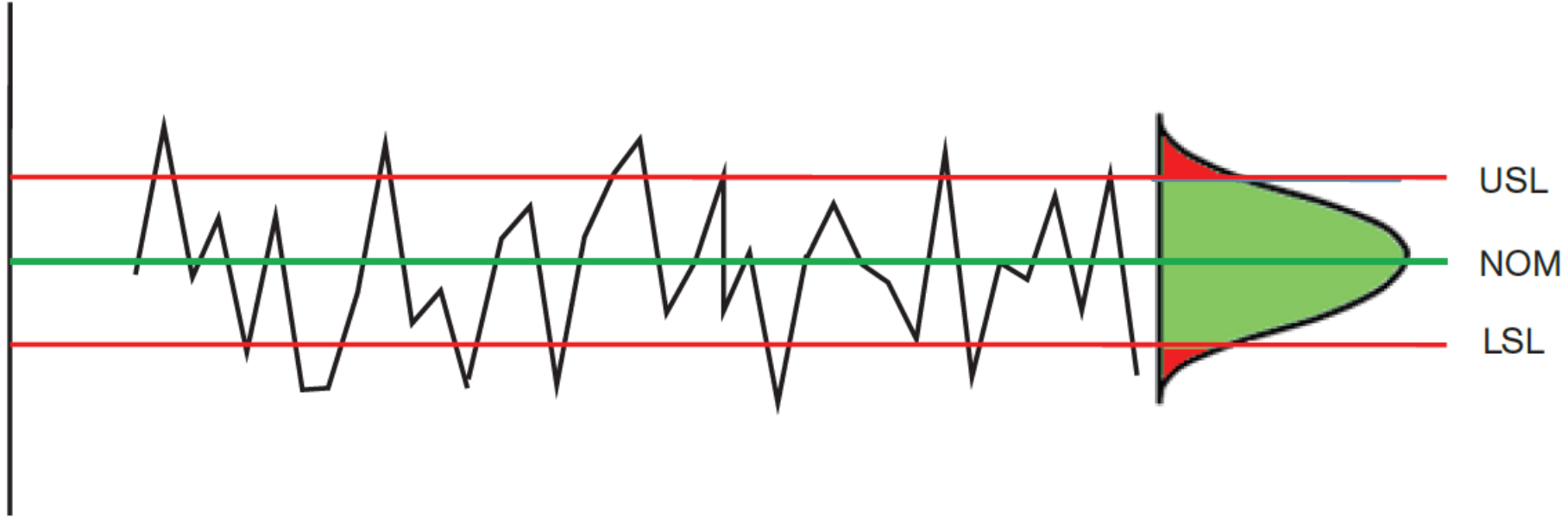
| Trial no. | Glass content (%) | Screw rotation (rpm) | Hold pressure time (sec) | Reject level |
|-----------|-------------------|----------------------|--------------------------|--------------|
| 1 | 23 | 200 | 3 | 5% |
| 2 | 27 | 200 | 3 | 14% |
| 3 | 23 | 250 | 3 | 9% |
| 4 | 27 | 250 | 3 | 31% |
| 5 | 23 | 200 | 5 | 2% |
| 6 | 27 | 200 | 5 | 3% |
| 7 | 23 | 250 | 5 | 26% |
| 8 | 27 | 250 | 5 | 33% |

KARARLI OLMAYAN BİR PROSES

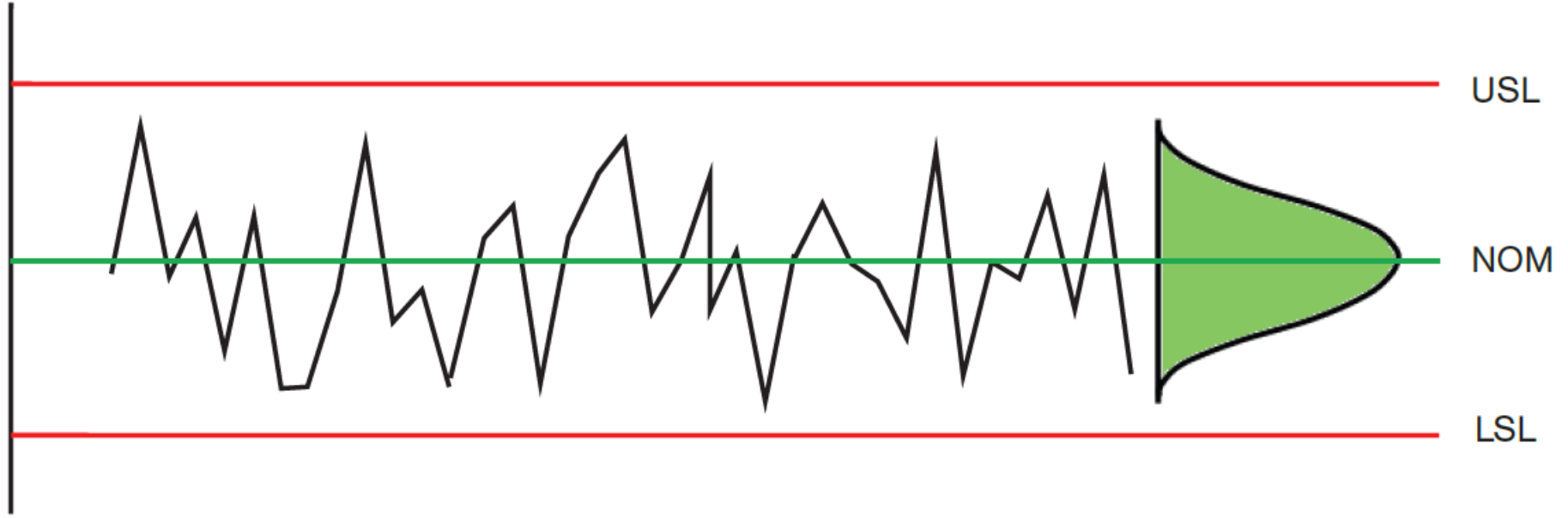


KARARLI OLMAYAN BİR PROSES ***





Kararlı olan bir proseste spesifikasyon dışı parçaların üretildiğini gösteriyor

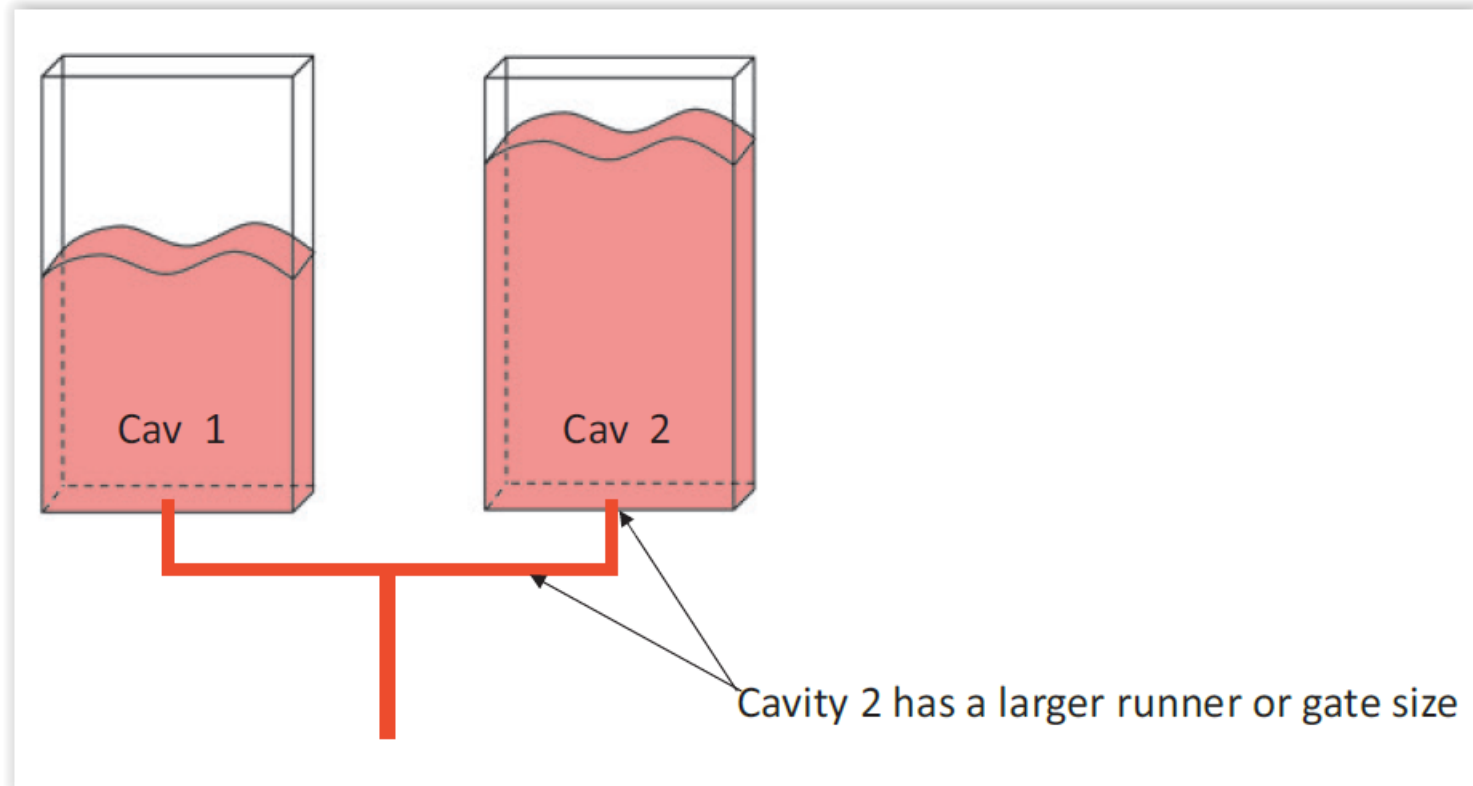


Kararlı olan bir proseste spesifikasyon dahilinde parçaların üretildiğini gösteriyor

ROBUST BİR ENJEKSİYON PROSESİ İÇİN :

- **KALIP , İSTENEN KOZMETİK PARÇAYI ÜRETECEK ŞEKİLDE İMAL EDİLMİŞ VE YETERLİ OLMALI**
- **KALIP BUNU KARŞILIYORSA ARDINDAN ÖLÇÜSEL İNCE AYARLAR YAPILMALI**

KALIPTA BALANS



ROBUST PROCESS PARAMETRE AYARLARI İÇİN ÖNEMLİ KONU BAŞLIKLARI

**ENJEKSİYON HIZININ SABİT OLMASI İÇİN MAKİNEDE
YETERLİ ENJEKSİYON SİSTEM BASINCININ HAZIR OLMASI**

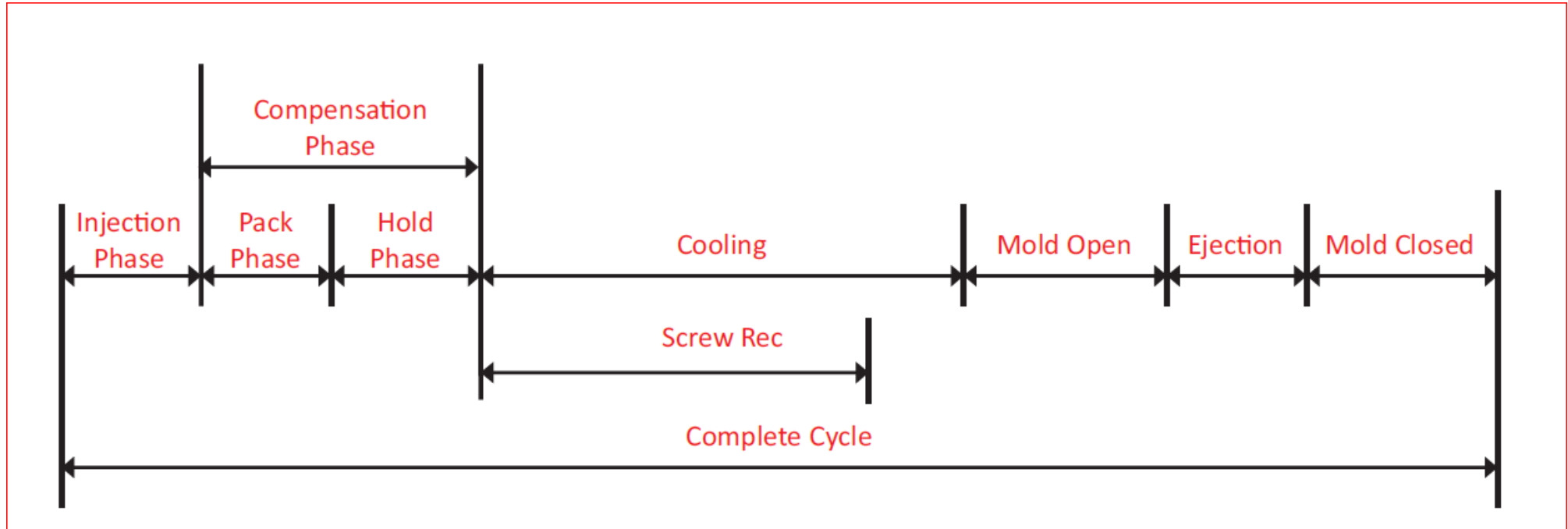
(Basınç limitli proses olmamalı . Basınç yetmediği için hız düşebilir)

ERİYİK YOĞUNLUĞU , ERİYİK SICAKLIĞINA GÖRE DEĞİŞİR

**MÜMKÜN İSE , MAL ALMA ZAMANI ,
SOĞUTMA ZAMANINDAN 2 SN DÜŞÜK OLMALI**

**VİDA DÖNÜŞ HIZLARI (RPM) İÇİN :
HAMMADDE FİRMASI UYARILARINI DİKKATE ALINIZ**

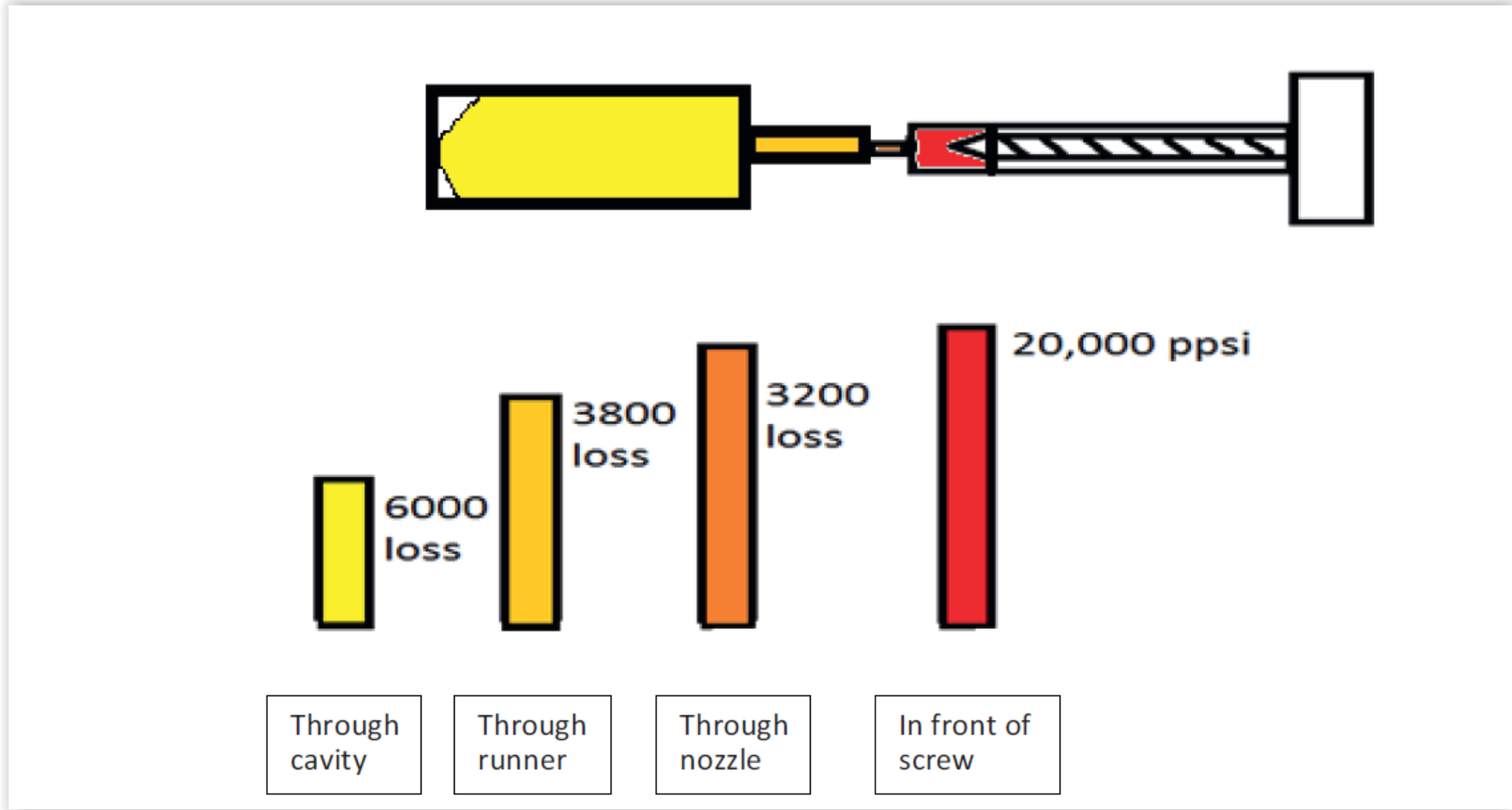
ÇEVİRİM



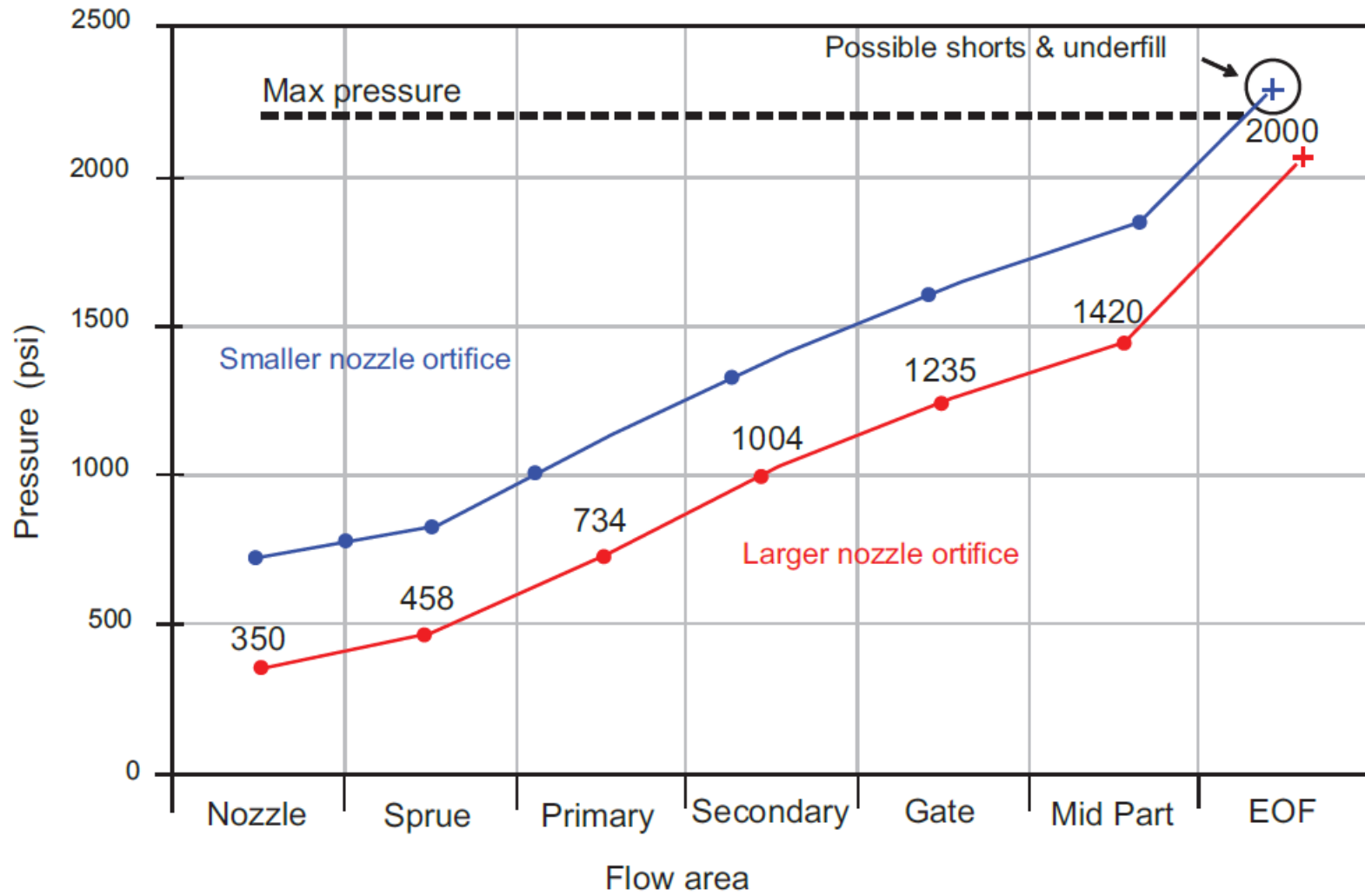
Fill as fast as quality will allow.

ENJEKSİYON PROSESİ İÇİN YETERLİ BASINÇ BULUNMALI

Her Aşamada Basınç Kaybı Oluşur



Basınç Kaybında Nozzle Çap etkisi



% 80 Orijinal (virjin) + % 20 Geridönüşüm malzeme kullanımında recycle malzemenin ne kadarı birden fazla recycle edilmiş olur.

| Regrind generation number (<i>g</i>) | Pass (<i>p</i>) | | | | |
|--|-------------------|------------|------------|------------|------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 0 (Virgin) | 100 | 80.00 | 80.00 | 80.00 | 80.00 |
| 1 | - | 20.00 | 16.00 | 16.00 | 16.00 |
| 2 | - | - | 4.00 | 3.20 | 3.20 |
| 3 | - | - | - | 0.80 | 0.64 |
| 4 | - | - | - | - | 0.16 |
| Total | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

KALIBI % 95 -98 HACİMSELMİ AĞIRLIK OLARAK MI DOLDURACAĞIZ ?

AĞIRLIK = HACİM X ERİYİK YOĞUNLUĞU

ERİYİK YOĞUNLUĞU SABİT İSE HACİM YADA AĞIRLIK FARKETMEZ.

VİSKOZİTE Yİ HESAPLAMA İÇİN AŞAĞIDAKİ FORMÜLÜ KULLANABİLİRSİNİZ :

$$\text{Viscosity} = \text{Peak Injection Pressure} \times \text{Fill Time} \times \text{Screw Intensification Ratio}$$

VİSKOZİTE - ENJEKSİYON HIZI GRAFİĞİNİ ÇİZİNİZ.

(Screw Intensification Ratio = Bimiyorsanız yaklaşık 10 alabilirsiniz.)

ENJEKSİYON BASINCI MI YOKSA KALIP İÇ BASINCI MI ÖNEMLİ

