

# GAZ ENJEKSİYON TEKNOLOJİSİ

**Mehmet SAYINDI**

**Makina Yüksek Mühendisi**

## GİRİŞ

Gaz Enjeksiyon Teknolojisi (GET), 30 yıllık geçmişi olan bir yöntemdir. İlk patent, 1971 yılında Almanya'da verilmiştir ve 80'li yıllarda yaygınlaşmıştır.

Standart donanıma sahip bir enjeksiyon makinasında, daha düşük enjeksiyon basınçları kullanılarak, gaz takviyeli enjeksiyon yöntemi ile kalıplama yapılabilir. Gaz takviyeli kalıplamada, enjeksiyon esnasında kalıbın içine basınçlı Azot gazı gönderilir. Bu tekniğin kullanıldığı kalıplama yöntemlerinde, gaz giriş noktası ile gaz akışı, parça et kalınlığına ve malzeme akışına etki eden en önemli iki faktördür.

İyi yapılmış bir tasarım ve uygun yerleştirilmiş gaz giriş noktası, basınçlı gazın plastiği sıkıştırmasını sağlar, malzemedeki çekmeyi engeller ve etli bölgelerde oluşacak göçüklerin azalmasına neden olur. Aynı zamanda gaz basıncı, tamamlama basıncı olarak da görev yapar. Genellikle N<sub>2</sub> (Azot) ve seyrek olarak da CO<sub>2</sub> (Karbondiyoksit) gazı kullanılır. Azot gazı; ucuz, kolay elde edilebilir ve kimyevi etkisi olmadığı için Plastik Endüstrisinde kullanılan standart bir gazdır.

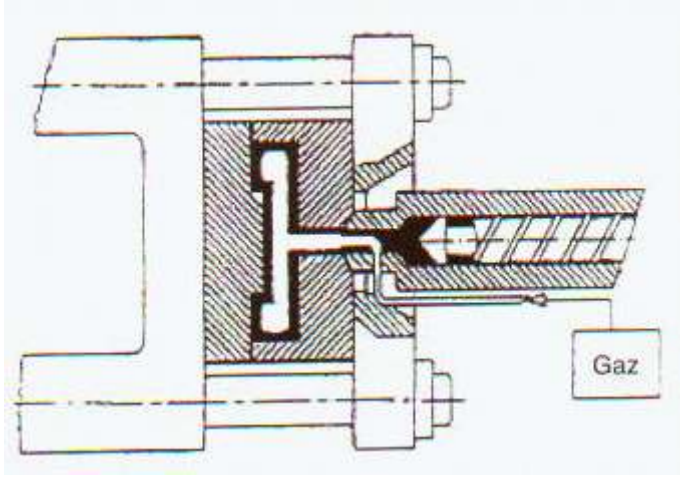
Gaz enjeksiyon yöntemi ile kalıplamada işlem sırası, standart enjeksiyon yöntemindeki işlem sırasına benzerdir.

- Kalıp kapanır ve enjeksiyon makinası kilitleme kuvvetine ulaşır,
- Ergiyik malzeme kalıp boşluğuna enjeksiyon edilir,
- Kalıbın içine basınçlı gaz püskürtülür,
- Basınçlı gaz belli bir süre kalıp içinde bekletilir,
- Gaz serbest bırakılır,
- Kalıp açılır ve iticiler parçayı iter.

## GAZ ENJEKSİYON YÖNTEMLERİ

### Nozul'dan Gaz Enjeksiyonu:

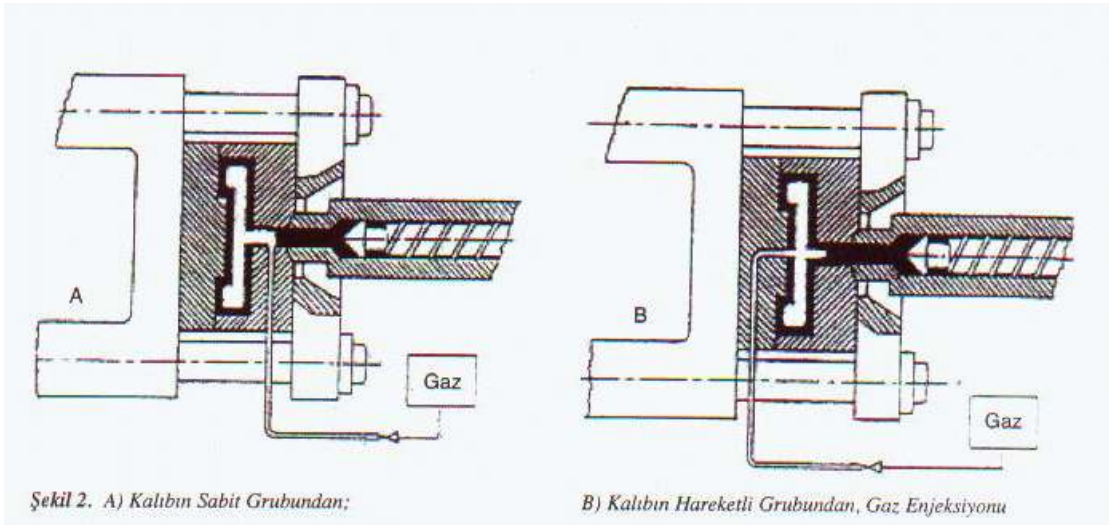
Kalıp gözüne ön doldurma yaptıktan sonra, enjeksiyon memesinden kalıba doğru gaz gönderilir (Şekil-1). Malzeme enjeksiyonu ile gaz enjeksiyonu nozul'dan yapılmaktadır. Bu yöntemde gaz enjeksiyonu nozul'dan yapıldığı için aynı enjeksiyon makinasında GET'ne uygun farklı kalıplar bağlanabilir, maliyet yönünden avantajlıdır.



Şekil 1. Memeden Gaz Enjeksiyonu

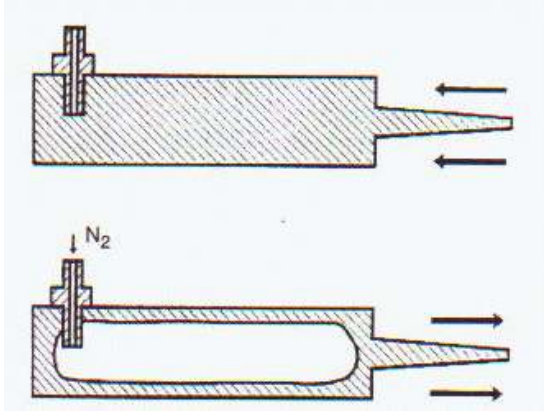
### Kalıp'tan Gaz Enjeksiyonu:

Gaz, kalıbın ya hareketli grubundan ya da sabit grubundan enjeksiyon edilir (Şekil-2). Bu yöntemin en önemli avantajı, malzeme enjeksiyonu ile gaz enjeksiyonunun farklı noktalardan yapılmasıdır.



### Üfleme Yöntemi:

Kalıp gözü, standart enjeksiyon yöntemlerinde olduğu gibi % 100 malzeme ile doldurulur. Ergiyik malzeme kalıp içinde katılaşmaya başlar, daha sonra kalıbın içine gaz enjeksiyon memesinden gaz gönderilir. Gaz basıncıyla merkezde ergiyik halde bulunan malzeme, ya makinanın enjeksiyon ünitesine (enjeksiyon vidasına) doğru yada kalıp içindeki bir hazneye geri döner (Şekil -3). Böylece parçada ihtiyaç duyulan hacim elde edilmiş olur.



Şekil 3. Üfleme Yöntemi ile Gaz Enjeksiyonu

### GET'nin KARAKTERİSTİK ÖZELLİKLERİ

#### Avantajlar:

- Tasarımda serbestlik,
- Yüksek rijitlik,
- Parçanın çekmesinde çok iyi homojenlik,
- Gaz basıncı veya malzeme birikmesinden kaynaklanan göçüklerde azalma,
- Daha düşük kilitleme kuvvetine sahip enjeksiyon makinası kullanımı,
- En uç noktayı bile rahatlıkla doldurabilme,
- Malzeme birleşme çizgilerinde azalma,
- Amorf termoplastiklerde daha düşük iç gerilmeler oluşur. Özellikle kaplanacak parçalarda önemlidir,
- %50 civarında malzeme kazancı sağlar,
- Enjeksiyon tekniği ile kalıplama yöntemlerine göre çevrim süresi daha kısadır.

#### Dezavantajlar:

- Standart donanıma sahip enjeksiyon makinasına ilave masraflar yapılması gerekir,
  - a) Lisans ücreti,
  - b) Basıncılı gaz üretecek ünite ve kontrol sistemi,
  - c) Gaz enjeksiyon memesi veya kalıba yapılacak enjeksiyon ünitesi,
  - d) Sızıntılardan oluşacak gaz kaybı ve gazın fiziksel özelliklerinin korunması,

- Üretim başlangıcında fire miktarı çok fazladır,
- Kalitenin korunması için yüksek kuruluş maliyeti,
- Eğitimli personel maliyeti (iç-dış eğitim giderleri, konunun uzmanı teknisyenler kullanımı)
- Hatalı kalıplama sonucu oluşacak patlamalardan kaynaklanan ciddi iş kazaları,
- Malzeme seçiminde sınırlama,
- Çok gözlü kalıp kullanımında zorluk,
- Gaz kanallarında değişiklik yapamama,
- Gaz enjeksiyon memesinin arızalanması,

### Maliyetler:

GET için yapılacak maliyet-verimlilik mukayesesinde, aşağıdaki faktörler dikkate alınarak maliyet çıkartılmalıdır.

Hammadde maliyeti (parça ağırlığı+yolluk)

- + Kalıp maliyeti
- + Makina maliyeti
- + Montaj maliyeti
- + Gaz maliyeti
- + Basıncılı gaz üretme ve kontrol ünitesinin, tesis maliyetindeki yüzde oranı
- + Personel maliyeti
- + Lisans maliyeti (gerekliyorsa)

(= Üretim maliyeti)

### Parça Et Kalınlığına Etki Eden Faktörler:

Gaz kanalı ile parça dış yüzeyi arasında kalan bölgenin et kalınlığına etki eden 4 faktör vardır.

- 1- Malzeme (Termoplastiğin cinsi),
- 2- Gaz kanalı geometrisi,
- 3- Malzemenin içindeki dolgu maddeleri (cinsi ve miktarı),

#### 4- Gaz debisi

### PARÇA TASARIMI

#### Geometrik zellikler:

GET yöntemiyle üretilen parçalar, genellikle iki gruba ayrılır.

1- Dairesel kesitli, parça et kalınlığı fazla olan tasarımlar (arka rüzgarlık, kapı kolu, debriyaj pedalı vs.) (Şekil-4)

2- Kısmi malzeme yığılmalı veya gaz kanallı düz parçalar (ev rnleri)

Gaz enjeksiyon yöntemi ile üretilen parçaları dizayn ederken c ana parametreye önem verilmelidir.

1- Gaz kanallarının yerleşimi iyi dizayn edilmelidir,

2- Polimer parçayı dengeli doldurmalıdır,

3- Gaz kanallarının boyutları uygun seçilmelidir.



Şekil 4. Gaz Enjeksiyon Yöntemi ile üretilen Debriyaj Pedalı

#### Yolluk Tasarımı:

Gaz enjeksiyon yönteminde kesiti büyük olan yollukların kullanımı tercih edilse de, iğne yolluk ve tünel yolluk da sıkça kullanılmaktadır. Genel kural olarak, tavsiye edilen yolluk girişı, üniform ve en az standart kalıplama yöntemlerindeki kadar olmalıdır. Böylece donma etkisi ve gaz enjeksiyon fazında basınç sıçraması engellenmiş olur. Gazın yayınımlı kontrol edilemediğinden diyafram yolluk ve film yolluk kullanımı tavsiye edilmemektedir.

Gazın atmosferik basınç seviyesine kadar azalıp tahliye olabilmesi için tüm çevrim boyunca gaz enjeksiyon memesi açık kalmalıdır. Enjeksiyon memesinin en iyi pozisyonu:

- Görünür yüzeyde olmamalıdır,
- Aşırı mekanik yüke maruz kalan bölgelere yerleştirilmemelidir,

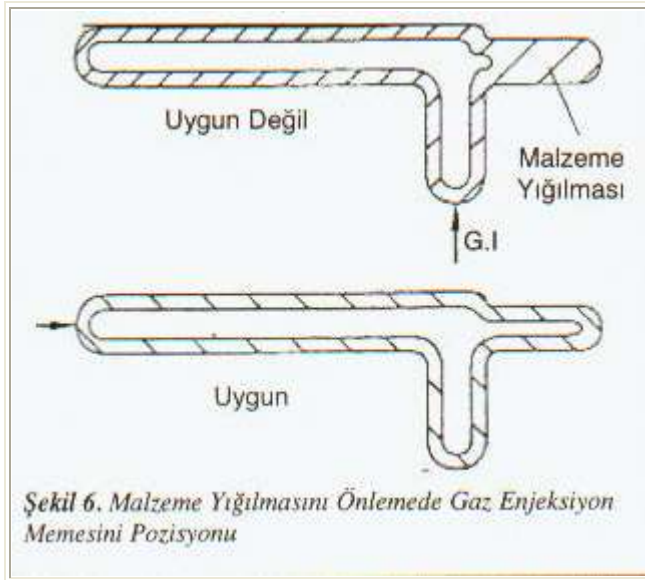
- Tercihen et kalınlığının fazla olduğu kısımlara konulmalıdır.

Enjeksiyon esnasında doldurma, ince kısımlardan çok etli kısımlara doğru olursa, türbülans dolaylı hem parça et kalınlığı dağılımı homojen olmaz hem de parça yüzeyinde bozukluklar oluşur. Dairesel formlu parçaların kalıplanmasında malzemenin giriş noktası ile gaz enjeksiyon noktası, parçanın merkezinden verilmelidir ve gerekmedikçe gaz, kanallara ayrılmamalıdır. Çok gözlü kalıplarda yerçekimi etkisi de göz önünde bulundurulmalıdır. Doldurma, Şekil 5'e uygun olmalıdır.

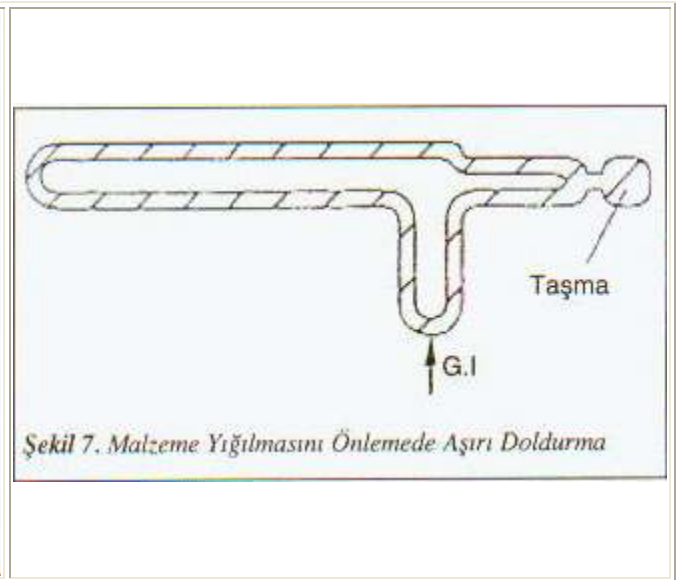


Şekil 5. Çok Gözlü Kalıplarda Yolluk Tasarım

Akış uzunluğundan başka malzeme giriş noktasının pozisyonu da malzeme yığılmasında belirleyici bir etkidir (Şekil 6). Malzeme yığılması, aşırı doldurmayla da önenebilir (Şekil 7).



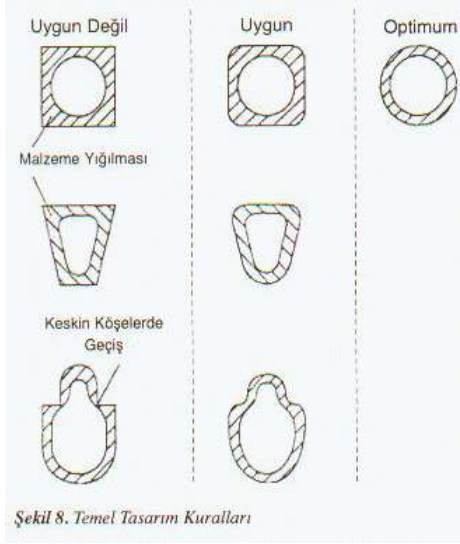
Şekil 6. Malzeme Yığılmasını Önlemede Gaz Enjeksiyon Memesini Pozisyonu



Şekil 7. Malzeme Yığılmasını Önlemede Aşırı Doldurma

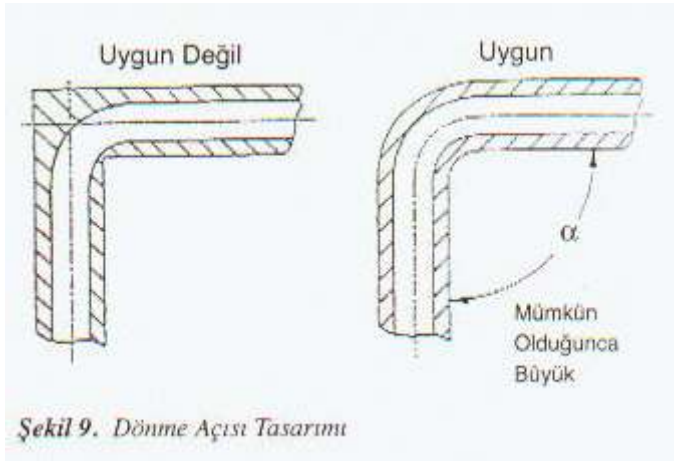
### Dairesel Parçaların Tasarımı:

Kalıplanmış parçanın dış yüzeyinde geniş alanlar olsa bile; dış köşegenlerde malzeme yığılması, iç köşegenlerde ise zayıf noktalar oluşur. Parça tasarımı yaparken Şekil 8'de verilen temel tasarım kurallarına uyulmalıdır. Kural olarak parça tasarımında, keskin kenarlar ve köşeler bulunmamalıdır. Parçanın dış hatlarının açısı ne kadar büyük olursa, parça et kalınlığı dağılımı da o oranda homojen olur.



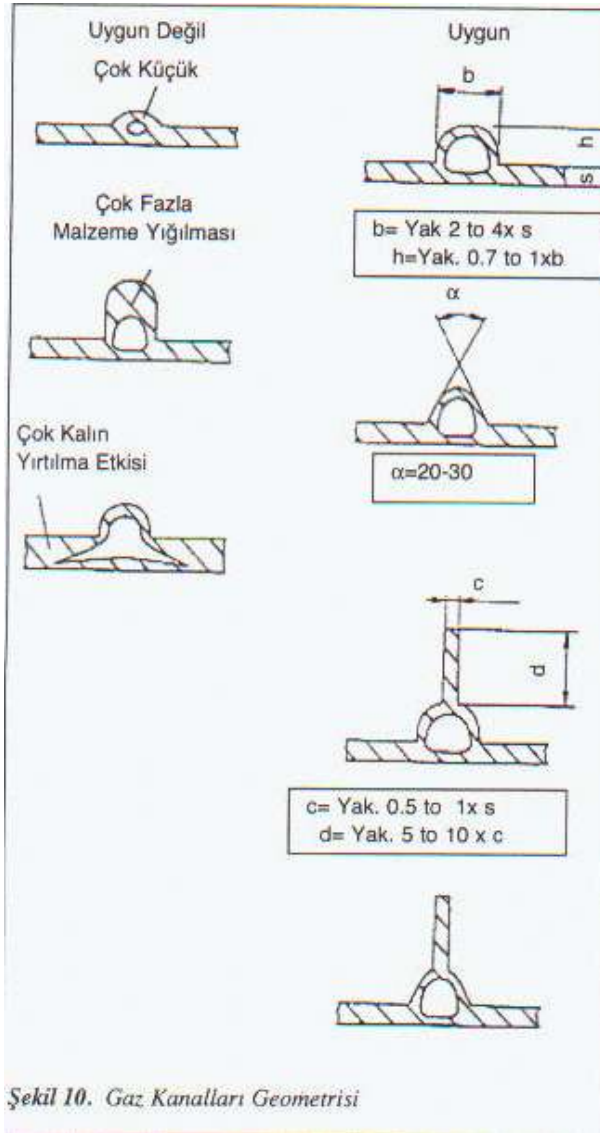
### Dönme Açısı:

Malzeme yığılmasını ve et kalınlığındaki azalmayı önlemek için tasarım aşamasında dönme açısı mümkün olduğu kadar büyük seçilmelidir (Şekil 9). Düz parçalarda, gazın ve ergiyik malzemenin akışını rahatlatmak için, ya gaz kanalları oluşturulmalı ya da parça da etli kısımlar tasarlanmalıdır.



### Gaz Kanallarının Tasarımı:

Kalıbın ergiyik malzeme ile doldurulabilmesi ve tamamlama basıncının etkisi, tamamen gaz kanallarının tasarımına ve pozisyonuna bağlıdır. Gaz kanalları, hem gaz dinamiğindeki sınırlamalar nedeni ile hem de mukavemetli bir parça elde etmek için mümkün olduğunca büyük tutulmalıdır. Gaz kanallarının çapının büyütülmesi istenmeyen malzeme yığılmalarına da neden olabilir (Şekil 10). Gaz kanalı tasarımı yaparken Yırtılma oluşumundan önemle sakınılmalıdır.



Şekil 10. Gaz Kanalları Geometrisi

Özellikle amorf termoplastikler kullanıldığında, gaz kanalları civarındaki yüzeylerde damarlar oluşur. Bunun nedeni yavaş katılaşma ve malzemenin çekmesidir, aynı zamanda yarı-kristal ve/veya dolgulu plastiklerde basınca da çok bağlıdır.

**Gaz kanallarının tasarımında sınır değerler:**

**Uzunluk/Genişlik > 5/1**

**Genişlik/Yükseklik < 3/1 veya 5/1**

**Gaz Kanalları:**

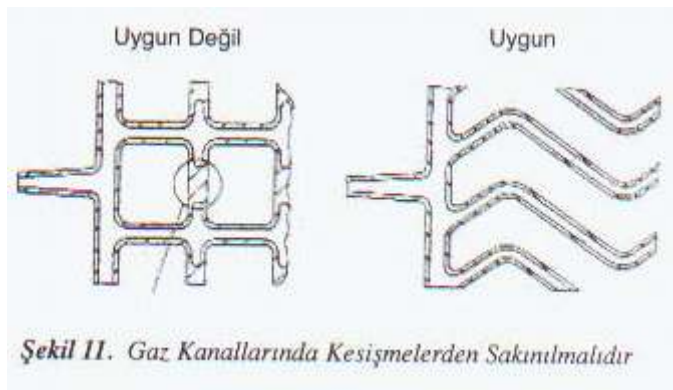
- Gaz kanalının enine kesiti dairesel olmalıdır,
- Gaz kanallarında radüsler büyük, açılar küçük tutulmalıdır,
- Gaz kanallarında ani daralmalar ve genişlemeler olmamalıdır,



- Gaz kanalları, gaz basıncını etli bölgelere iletebilecek şekilde tasarlanmalıdır,
- Gaz kanalları ile polimer akış yönü aynı paralellikte olmalıdır.

### Düz Parçaların Tasarımı:

Düz kısım ile gaz kanalları arasında kalan intikal bölgesindeki malzemeye gaz basıncı uygulandığında, düz kısımlarda hacimsel çekmeler oluşur. Bu, yırtılma etkisinin bir sonucudur. Membran şeklinde bir görüntüsü vardır ve birçok durumda yüzey kalitesinde bozulmalara neden olur. Gaz enjeksiyon fazında yırtılma etkisi oluşumu, genellikle gaz kanalları geometrisi ile ilgilidir. Proses parametrelerinden polimer miktarı, gaz basıncı ve süresi yırtılmaya neden olan kritik faktörlerdir. Parçanın rijitliğini kötü yönde etkilediği için, gaz kanalları birbirini kesmemelidir (Şekil 11). Düz parçalarda, gazın ve ergiyik malzemenin akışını rahatlatmak için ya gaz kanalları oluşturmalı ya da parçada etli kısımlar tasarlanmalıdır.



## PROSES TEKNOLOJİSİ

### Proses Parametrelerinin Etkileri:

- A- Kalıp Sıcaklığı: Katılaşmaya ve yüzey kalitesine etki eder.
- B- Polimer Sıcaklığı: Malzemenin viskozitesine, dolayısıyla da kalıp gözünün ön doldurulmasına etki eder.
- C- Polimer Miktarı: Optimum malzeme miktarı ile hem gaz yırtılmasının, hem de gazın ulaştığı en son noktada oluşacak malzeme yığılmasının önüne geçilir.
- D- Enjeksiyon Hızı: Özellikle ön doldurma fazında etkilidir, viskoziteyi değiştirir.
- E- Gaz Basıncına Geçiş Zamanı: Eğer gazın enjeksiyonu ile ön doldurmanın sonu arasında gecikme olursa, ergiyik malzemede durgunlaşma ve dolayısıyla da kalıplanmış parça yüzeyinde geçiş süresinden kaynaklanan izler oluşur.
- F- Gaz Basıncı: Gaz basıncı standart değeri, 200-300 bar'dır. Yüksek gaz basıncı, çekmeleri ve göçmeleri azaltır.
- G- Gaz Basıncı Süresi: Parça katılaştırırken tamamlama basıncının süresinin uzatılması özellikle dolgusuz termoplastiklerde çekmeyi ve çöküntüleri azaltır.

H- Gazın Tahliyesi: Gazın çok hızlı tahliye edilmesi parçada köpük etkisi oluşma riskini yükseltir. Gazın tahliye edilmesinde kademeli profil kullanılması çözüm sağlayacaktır. Kalıp açılmadan önce parçanın içindeki gaz ya tanka ya da atmosfere tahliye edilir.

### Çekme:

Deneyimler göstermiştir ki enjeksiyon tekniği ile kalıplama yöntemlerinde çekme oranları, özellikle dolgusuz termoplastiklerde, proses parametrelerinden tamamlama basıncı ve süresine çok bağlıdır. Çekme, hem tamamlama basıncı hem de tamamlama basıncı süresi yükselttilerek azaltılabilir.

GET uygulamalarında çekme ile ilgili temel parametreler yer değiştirebilir. Tamamlama basıncı yerine gaz basıncı ve tamamlama basıncı süresi yerine de gaz basıncı süresi kullanılabilir.

### Prosesin Mekaniği:

Gaz kabarcıkları ergiyik malzeme içinde direncin en az olduğu yoldan akar. Çok yüksek sıcaklıklar ile çok düşük basınçlar bu yolu belirleyen kriterlerdir. Gaz, direncin en az olduğu kalın ve ergiyik haldeki bölgeye doğru hareket edecektir.

Parça performansında rijitlik ve mukavemet önemlidir. Bu iki parametre parça geometrisine, malzemeye, yükleme ve zorlanma şartlarına bağlıdır. Parçanın rijitliği, yük altında parçanın direnci ölçülerek; parça mukavemeti ise yük taşıma kapasitesi ölçülerek bulunur. İyi bir tasarım ve proses kontrolü ile Rijitlik/Ağırlık oranı, enjeksiyon tekniği ile kalıplama yöntemine göre, gaz enjeksiyon yönteminde daha yüksek tutulabilir.

Gaz kanallarının boyutu, parça tasarımlarıyla ilgilidir. Gaz kanallarının boyutlandırılmasında kullanılan 2:1 oranı en alt sınır değerdir. En üst sınır değer, parçanın geometrisine ve parça içindeki gaz kanallarının pozisyonuna bağlıdır. Gaz enjeksiyon yönteminde nozul delik çapı, enjeksiyon tekniği ile kalıplama yöntemindeki nozul çapından daha büyük tutulmalıdır. Nozuldan gaz enjeksiyon yönteminde sıcak yolluk kullanımı tavsiye edilmemektedir.

### SONUÇ

Bu çalışmada Gaz Enjeksiyon Yöntemi ve uygulanabilirliği anlatılmıştır. Standart donanımlara sahip bir enjeksiyon makinasında bu yöntem uygulanabilir. Üretilen parçaların yüzey kalitesi yüksek olur, dolayısıyla da parça maliyetinde %24 azalma sağlanır. %50 civarında malzeme kazancı olur. Örneğin Gaz enjeksiyon yöntemi ile içi boşaltılmış bir parçanın çevrim süresi 190 s'den 120 s'ye düşer ve çevrim süresinde %20 kazanç elde edilir. Gaz enjeksiyon yöntemi ile üretilecek parçaların kalıpları, konvansiyonel kalıplara göre daha basit olduğu için kalıp tasarımcılarının işi kolaylaşır. İyi dizayn edilmiş kaliteli bir kalıp ile çok kaliteli parçalar elde edilebilir. Enjeksiyon kalıplama tekniği ile üretilemeyen parçalar bu yöntem ile üretilebilir. Gaz takviyeli enjeksiyon yöntemi, proses verimliliğini yükseltir, daha düşük kilitleme kuvvetine gereksinim duyulur ve kalıp tasarımı basitleşir.

### KAYNAKÇA

1. *Modern Plastics, International, June 1999, Sayfa 69-70-72, Cilt 29, Sayı 6*

- 2. Bayer, Application Technology Information, ATI 970 e*
- 3. Bayer, Internal Technical Information, The Gas Injection Technique (GIT) INTI 397 e*
- 4. GE Plastics, Gas-Assisted Injection Molding*