

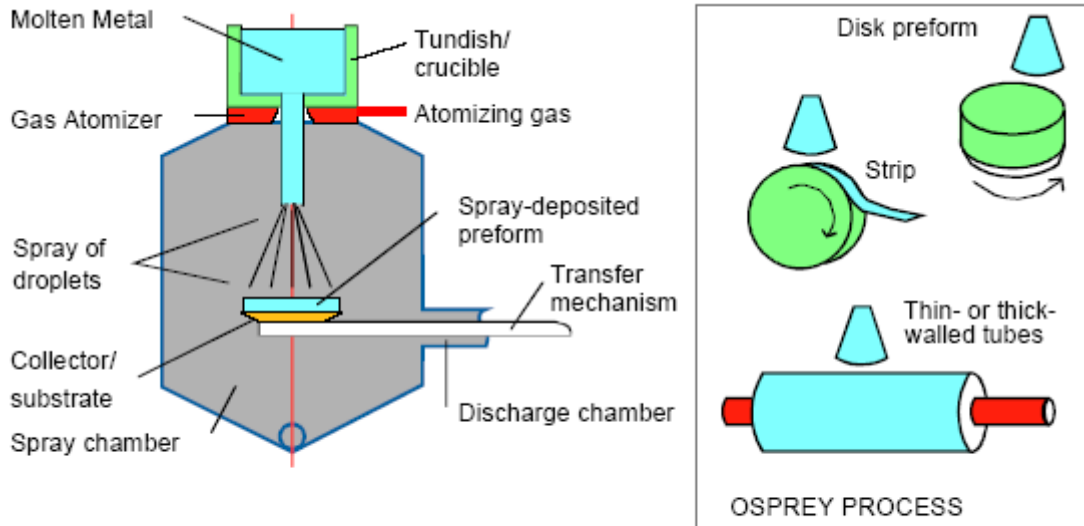
# PÜSKÜRTME ŞEKİLLENDİRME

## (SPRAY FORMING / SPRAY DEPOSITION)

Püskürtme şekillendirme (PŞ) yöntemi ilk olarak Osprey Ltd. şirketi tarafından 1960'lı yıllarda geliştirilmiştir. Günümüzde püskürtme şekillendirme yöntemi Dünya ve Avrupa sanayilerinin kullandığı, ileri teknoloji ile malzeme üretme yöntemidir. Bu yöntemle geleneksel olarak yapılamayan alaşımların ve ürünlerin üretimi mümkündür. PŞ ile üretilen birçok ürünün özellikleri T/M işlemi ile üretilen ürünlerle benzerlik gösterir. Püskürtme şekillendirme sıcak dövme veya haddeleme işlemi için malzeme ingotları veya basit şekilli bileşenlerin üretimi için kullanılan üretim teknolojisidir.

### Püskürtme Şekillendirme Yöntemi

Püskürtme şekillendirme yöntemi gaz atomizasyonu yöntemi ile üretilen metal tozlarının bir altlık üzerinde biriktirilmesi ile kütle oluşturulması işlemidir. Gaz jeti tarafından damlacık halinde parçalanmış olan sıvı metal henüz katılaşımadan önüne yerleştirilmiş olan altlıkta birikmeye başlar (Şekil 1). Damlacık altlığa çarpar iken yarı katı yarı sıvı durumdadır. Çarpışma ile yayılarak geniş bir alanı kaplar. Takip eden çarpışmalarla altlık üzerinde metal birikmesi meydana gelir. Altlığın döndürülmesi veya hareket ettirilmesi ile değişik geometrilere birikme elde edilebilir. Birikmiş metal kütlesi bu hali ile kullanılabilir gibi çeşitli plastik deformasyon teknikleri ile ilave olarak işlenerek de kullanılabilir.



- a spray of liquid metal droplets impinges on a substrate to build up a preform
- main processes are OSPREY and PLASMA DEPOSITION

Şekil 1. Püskürtme Şekillendirme yönteminin şematik gösterimi.

Püskürtme şekillendirme ünitesi, aslında bir gaz atomizasyonu yöntemi ile metal tozu üretimi ünitesinden oluşmaktadır. Bütün püskürtme şekillendirme uygulamalarının prensibi, sıvı metal veya alaşımlarının bir gaz yardımıyla atomize edilmesine dayanır. Atomize olmuş sıvı metal damlacıkları soğutucu bir yüzey üzerine yönelirler ve bu yüzeye çarparlar. Çarpmanın etkisiyle yassılaşırlar ve küçük diskler şeklinde üst üste gelerek katılışırlar. Damlacık boyutları ve hızı değişmekle beraber, tipik olarak ortalama damlacık boyutu 150 µm ve ortalama damlacık hızı 15 m/s'dir. Damlacıkların hızlı bir şekilde katılması için biriktirme işleminin yapıldığı diskin yüzey sıcaklığı, biriktirilen metal veya alaşımın katılma sıcaklığından düşük olmalıdır. Eğer damlacık demeti, yollarına yerleştirilmiş dönmekte olan bir milin yüzeyine çarparsa onu kaplamaya başlar. Mil aynı zamanda döndüğünden, katılan damlacıklarla elde edilen kaplama çevresel olarak eşit kalınlıkta oluşur. Böylece çeşitli kalınlıklarda borular, kütükler, şeritler ve plakalar üretmek mümkündür (Şekil 3.2). Biriktirme yapılan diskin yüzeyi ince bir oksit veya seramik filmiyle kaplanabilir. Bu sırada yüzeye çarpan damlacıkların yüzeye tutunması için diskin yeterli pürüzlülükte olması gerekir. Diğer taraftan yüzey pürüzlülüğü, biriktirilen metalin ve diskin kalıcı birleşme ile mekanik bir kilitlenme oluşturacak kadar fazla olmamalıdır. İri ve homojen bir kütle elde edilmiş ise, disk üzerinden alınıp sıcak veya soğuk dövme yapılarak püskürtme şekillendirme ürünü olarak imal edilebilir.

### **Püskürtme Şekillendirme Değişkenleri**

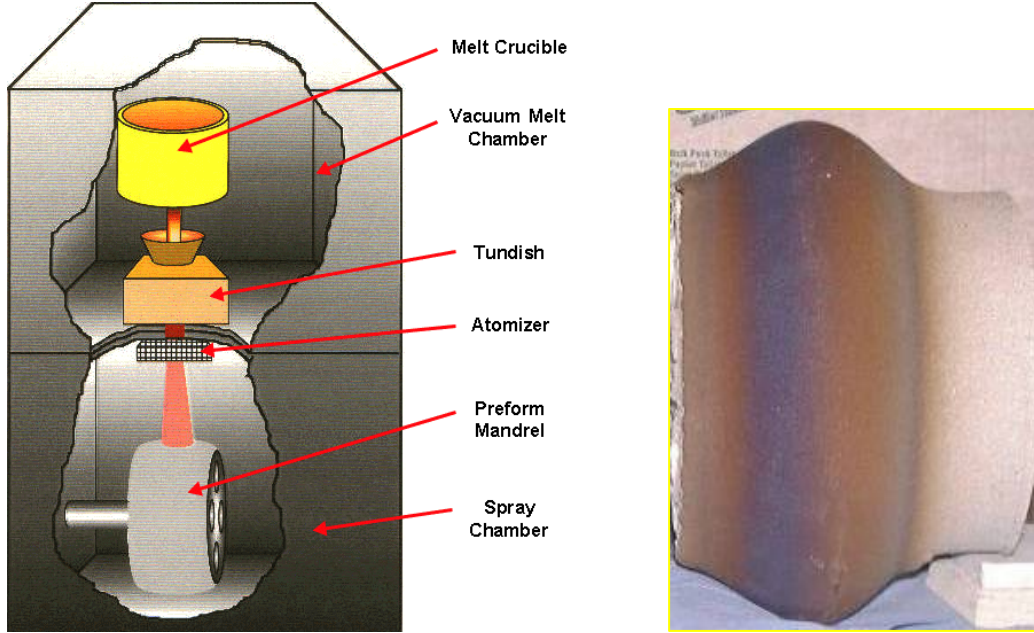
Püskürtme şekillendirme işlemi gaz atomizasyonu işlemine dayandığından dolayı gaz atomizasyonu değişkenleri bu işlemde doğrudan etkilidirler. Gaz atomizasyonu değişkenleri kontrol edilerek istenilen boyutta sıvı damlacıklardan oluşan bir "spray" elde etmek mümkündür. Gaz atomizasyonu değişkenlerine ilaveten altlık sisteminin nozula olan mesafesi ve hareket tarzı önemli değişkenlerdendir. Bu değişkenler kontrol edilerek farklı şekillerde ve özelliklerde kütle elde etmek mümkündür.

### **Endüstriyel Uygulamaları**

Püskürtme şekillendirme ürünleri; silindir kütükler, borular, kaplanmış ürünler, alüminyum, bakır, nikel, demir ve silikon bazlı alaşımlar, otomotiv, elektronik ve uzay teknolojileri gibi şekil, alaşım ve pazar açısından geniş bir alana sahiptir. Püskürtme şekillendirme uygulamalarına aşağıdaki gibi örnekler gösterebiliriz;

*Yuvarlak çubuklar:* Japon Sumitomo şirketi 1991'den beri püskürtme şekillendirme ile yüksek kromlu dökme demir ve yüksek karbonlu yüksek hız çeliğinden silindirler

yapmaktadır. Bu silindirlerden daha sonra yuvarlak çubuk, düz çubuk, tel çubuk elde etmek için yuvarlak miller imal edilir. Ürünler dökümlle elde edilen ürünlere göre daha saf, hızlı katılaşmış bir mikroyapıdan dolayı termal yorulma direnci yüksek ve daha uzun ömürlüdür. Elde edilen silindirler 800 mm çapında ve 0,5 m boyundadır (Şekil 2).



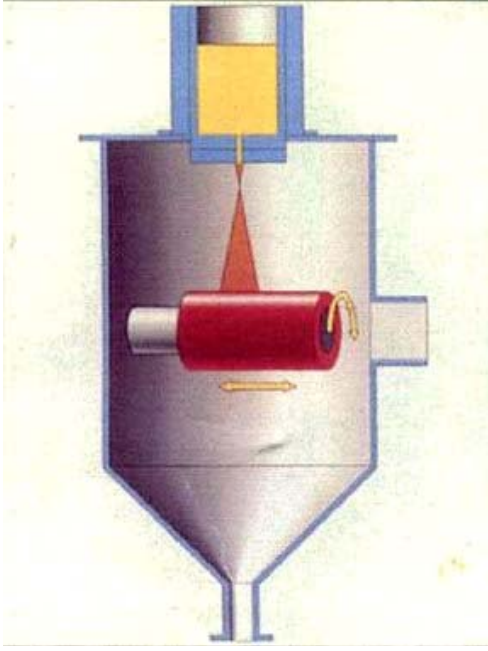
**Şekil 2.** Püskürtme şekillendirme ile (a) silindirik şekilli parça üretimi şematik gösterimi, (b) IN718 Ni alaşımından üretilmiş süper alaşım silindirik parça.

**Borular:** Dönen bir mil üzerine püskürtme yapılarak çeşitli ebatlarda borular üretilebilir (Şekil 3). İsveç'te Sandvik isimli şirket 400 mm çap × 8 m uzunlukta ve et kalınlığı 50 mm olan boruları PŞ ile üretmektedir. PŞ ile dışı korozyona karşı dayanıklı bir katmanla kaplanmış bimetalik borular önemli bir piyasayı oluşturmaktadır. Diğer uygulamaları, kazanlar ve atıkların yakılması için kullanılan fırınlardır. Sandvik şirketi bu fırınları PŞ yoluyla imal etmek için korozyona karşı dayanıklı bir alaşım olan sanicro 65'i geliştirmiştir.

**Halkalar:** Amerikan Howmet şirketi, gaz türbin motorları için PŞ ile 800 çap× 0,5 m boyunda halkalar üretmektedir (Şekil 4).

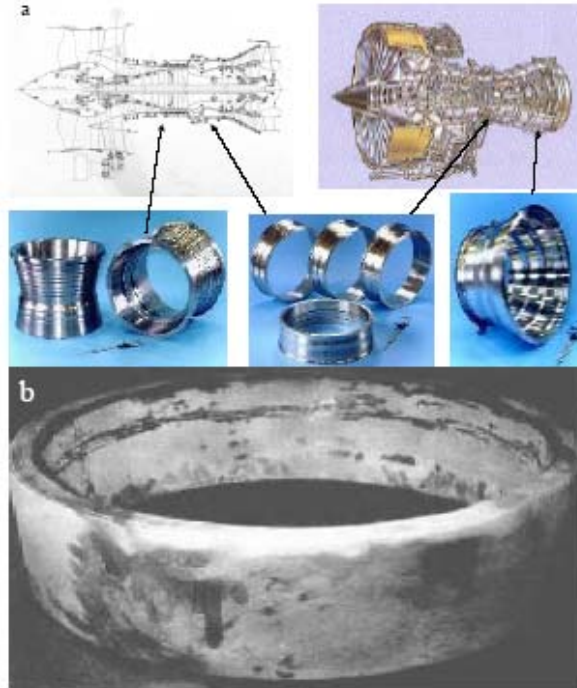
**Kütükler:** Yatay veya dikey püskürtme şekillendirme ünitelerinde genellikle Cu ve Al yuvarlak kütükler üretilmektedir. 1,2 tonluk ergitme kapasitesi ile çapı 400 mm ve boyu 1,2 m olan takım çeliği ve paslanmaz çelik püskürtme şekillendirme ile üretilebilir. Elde edilen kütükler daha sonra üretilecek parçaya göre ekstrüzyon yapılır veya haddelenirler. Bu şekilde üretilen Al-Si parçalar otomotiv endüstrisinde

kullanılır (piston, birleştirme çubuğu vb.). Şekil 5'te üretilmiş bir kütük gösterilmektedir.



d

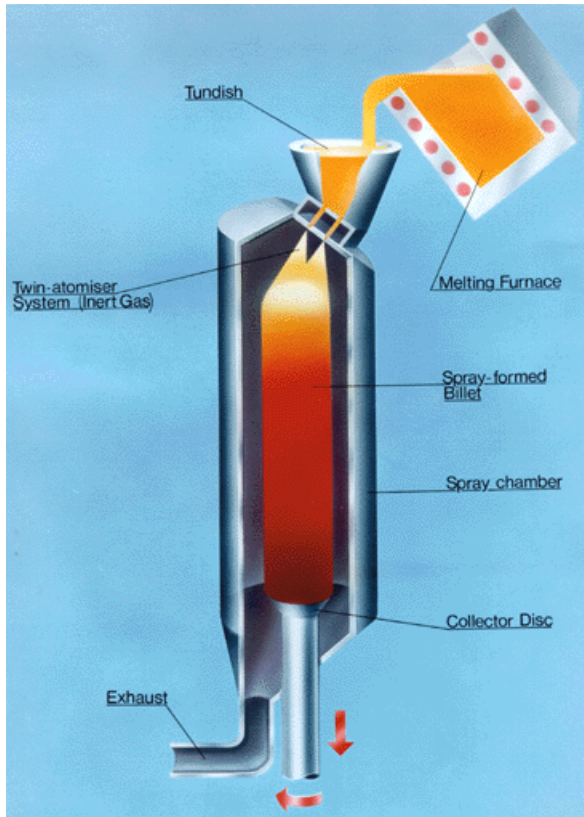
**Şekil 3.** PŞ ile boru üretimi (a) şematik, (b) Sandvik Steel firmasının ürettiği işlenmiş haliyle dış çapı 400 mm olan borular.



**Şekil. 4.** Püskürtme şekillendirme yöntemi ile üretilmiş halka şekilli parçalar.

Püskürtme şekillendirme işlemi çok geniş kullanım alanına sahiptir. Bu işlem ile Al alaşımlarında, Cu alaşımlarında, özel çeliklerde ve süper alaşımlarda malzeme üretimi mümkündür. Bu üretim şekliyle üretilen malzemeler dünyanın her tarafında başarıyla kullanılmaktadır.

Son yıllarda endüstriyel kullanımı da hızla artan bu yeni üretim tekniğiyle, 0.8m çapında, 0.5 m boyunda silindirlerin, 0.4 m çapında, 8 m boyunda, 50 mm et kalınlığında boruların ve 500 kg'a varan ağırlıklardaki külçelerin bu imalat yönteminin önemini vurgulamak için örnek olarak sayılabileceği bir çok metal, alaşım, süper alaşım ve kompozit malzemenin imalatı yapılmaktadır.



(a)



(b)

**Şekil 5.** Osprey yöntemi ile kütük üretimini şematik gösterimi (a), Peak firması tarafından püskürtme şekillendirme ile üretilmiş 300 mm çaplı ve 2.5m boyunda kütük.