

TOZ METALURJİSİNE GENEL BİR BAKIŞ

RİDVAN YAMANOĞLU

Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü

Bir malzeme üretim tekniği olarak toz metalurjisi, polimer, metal, seramik veya kompozit tozlarından yola çıkarak nihai ürünün elde edilmesi sürecidir. Bu süreç hammadde olarak kullanılacak tozların elde edilmesi ile başlar. Ardından tozlar istenen şekle sahip bir kalıpta şekillendirilir. Şekillendirmeyi sinterleme kademesi takip eder.

Bahsedilen bu 3 süreç nihai malzemenin özellikleri üzerinde dolaylı ve doğrudan etkili olmaktadır. Endüstriyel uygulamalar açısından toz metalurjisi özellikle metalik malzemelerin üretimi açısından oldukça fazla önem taşımaktadır.

En karmaşık ve zor sürecin toz üretimi olduğu söylenebilir. Toz metallerin üretimi için 3 farklı rota söz konusudur. Kimyasal teknikler, mekanik teknikler ve atomizasyon teknikleri. Yüksek saflıkta toz üretimi açısından kimyasal teknikler oldukça avantajlıdır. Ergitme olmaksızın kimyasal reaksiyonlar ile toz üretimi söz konusudur. Bu teknikler ile üretilen tozlar dentritik, süngerimsi veya düzensiz şekilli olarak tanımlanabilir. Toz boyutları birkaç on mikrometrenin altında büyük ölçüde de nanometre boyutlarındadır. Ayrıca ergitme derecesi yüksek malzemelerin (refrakter metal ve seramikler) toz formunda üretimi içinde kimyasal teknikler avantaj sağlamaktadır. Mekanik yöntemler ile toz üretimi daha çok gevrek malzemeler için tercih edilir. Mekanik etkenler basma, darbe ve kayma kuvvetleri sayesinde ince partiküllerin elde edilmesi sağlanır. Uygulanan mekanik etkenler nedeniyle elde edilen partiküller karmaşık şekilli özellikle de keskin köşeli formdadırlar. Diğer yöntemlere nazaran bazı özel alt türleri hariç nispeten daha kaba partikül boyutu ortaya koyarlar. Metal tozlarının üretimi için atomizasyon teknikleri en fazla tercih edilen gruptur. Ergitilen metalin bir nozuldan akıtılması ve sıvı veya gaz formunda bir ortamla etkileşime sokularak parçalanması esasına dayanır. Fakat sıvı veya gaz ortamına ihtiyaç duyulmadan üretim süreçleri ile de sıvı metallerin parçalanması ve toz edilmesi mümkündür. İlerleyen zamanda bu tekniklerden de bahsedilecektir. Sıvının üretim sürecinde aşırı ısıtılması, ince bir demek şeklinde serbest bir düşme ile akıtılması ve ardından parçalanması sürecinde sıvı metal damlacıkları ortamın soğutucu etkisine bağlı olarak aldıkları şekil ile katılaşmalarını tamamlarlar. Katılaşmanın hızı tozların şeklini belirler. Şekil kavramının dışında katılaşma süreci metal damlacıklarının mikroyapısını ve dolayısıyla tüm özelliklerini belirler. Genel olarak ifade edilen bu yöntemlerin alt grupları da söz konusudur. Gerek kimyasal teknikler, gerek mekanik teknikler gerekse de atomizasyon tekniklerinin alt grupları da daha sonraki bölümlerde açıklanacaktır.

Toz üretim sürecinin ardından şekillendirme süreci devreye girer. Tozlar istenen şekle sahip bir kalıp içerisinde sıkıştırılır. Malzemenin türü, üretim sürecinin ortaya koyduğu boyut, şekil ve safsızlık kavramları şekillendirme üzerinden doğrudan etkilidir. Beklendiği gibi sert malzemeler (özellikle seramikler) yüksek basınçlar gerektirirler. Ayrıca şekillendirme sonrası verilen formun kalıptan çıkarma, fırına taşınma süreçlerinde bozulmaması için bağlayıcı kullanımı gerekir. Bağlayıcı kullanmak ham dayanımın sağlanmasından oldukça etkili olsa da daha sonra bağlayıcı uzaklaştırmada yaşanabilecek zorluklarla karşılaşılabilir. Bağlayıcıların sinterleme sıcaklığına gelmeden yapıdan uzaklaştırılması gerekir. Farklı toz metalurjik prosesler için bağlayıcı oranları, tipi ve uzaklaştırılması oldukça farklı olabilmektedir. Dolayısıyla istenen nihai malzemenin beklenen özellikler doğrultusunda seçilecek yöntemle ilgili olarak çok değişik süreçler söz konusu olabilmektedir. Örneğin, yüksek yoğunluk gereken fakat seri üretimin gerekli olmadığı parçalar için basınç destekli sinterleme yöntemleri kullanıldığında bağlayıcı kullanımına gerek kalmamaktadır. Fakat çok küçük ve karmaşık şekilli parçaların yüksek miktarda üretimleri için seçilecek enjeksiyon kalıplamada ise %35 gibi bir bağlayıcı oranı normal kabul edilebilir. Fakat geleneksel açıdan bakıldığında soğuk şekillendirme ve ardından sinterleme için yaygın kullanılan bağlayıcı oranı %1 civarındadır. Tozların şekillendirilmesi için farklı kalıplar kullanılmaktadır. Sertliği düşük malzemeler için daha düşük basınç değerlerinde yüksek yoğunluk değerlerine ulaşılabilir. Fakat unutulmaması gerekir ki, mekanik bir yoğunluktan ziyade metalurjik bir yoğunluk beklenir.

Bu metalurjik yoğunluk artışı sinterleme sayesinde gerçekleşir. Uygulanacak yöntemle göre değişecek bir sıcaklıkta belirli bir süre beklenmesi ile partiküllerin temas noktalarında öncelikle bir boyun oluşması ardından bu boyunun büyüyerek tüm parçayı kaplaması ve istenen ölçüde yoğunluğa sahip malzeme edilmesi sağlanır. İstenen ölçüde yoğunluk ifadesi önemlidir. Geleneksel döküm yönteminde dahi sıvı metalin kalıpta şekillendirilmesi sonrasında yapıda kalan poroziteler düşünüldüğünde çok yüksek miktarda katı partikülden oluşan bir sistemde gözenek bulunması oldukça normal karşılanmalıdır. Fakat yine farklı teknikler sayesinde neredeyse tam yoğunlukta ürün elde edilebileceği gibi filtre ve köpük uygulamalarına yönelik çok yüksek miktarda gözenek içeren ürün üretimi de söz konusu olabilmektedir.

Sinterleme toz metalurjisinin son kademesi olsa da nihai üründen beklenen yüksek performanslı işlemleri gerektirebilir. Özellikle dövme diğer tekniklerde olduğu gibi gerek iç yapı kontrolü gerekse de tam yoğunluğa yakın ürün elde etme amacıyla tercih edilebilmektedir.

Bu yazıda toz metalurji kademeleri genel bir yaklaşımla açıklanmıştır. Her bir kademenin detayları ayrıca burada paylaşılacaktır.