

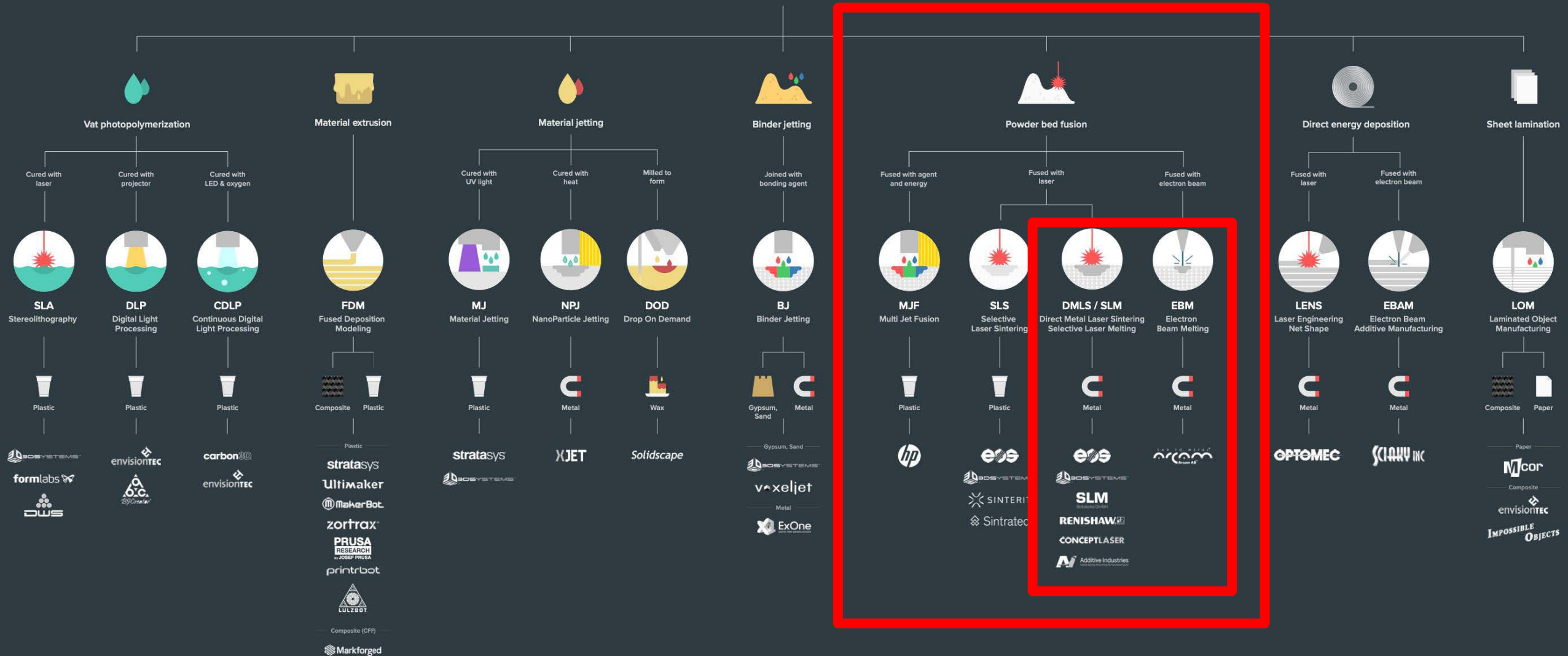


**EKTAM**

# 3D Baskı ve Eklemeli Üretim Toz Yatak Füzyon İşlemleri



# ADDITIVE MANUFACTURING TECHNOLOGIES



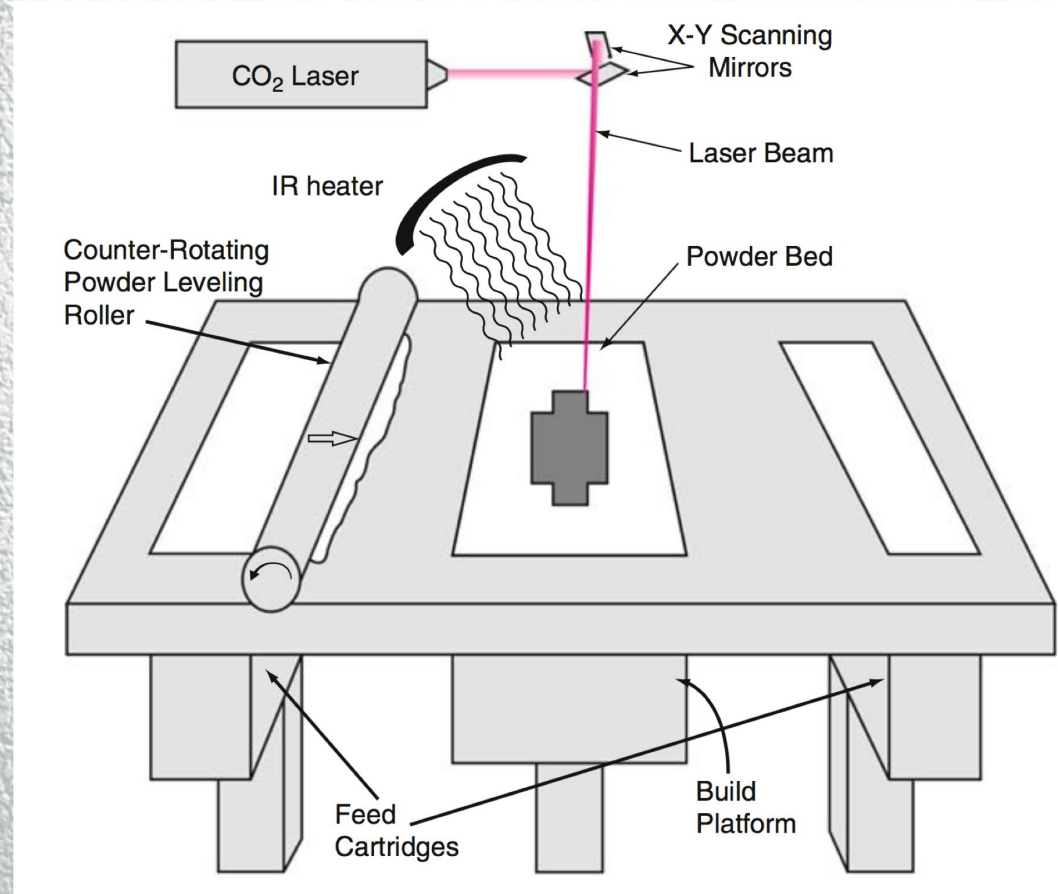


# Toz Yatak Füzyon İşlemleri

- İlk ticarileştirilmiş AM süreçlerinden biri.
- Seçici Lazer Sinterleme (SLS), ilk ticarileştirilmiş Toz Yatak Füzyon (PBF) işlemidir.
- Diğer PBF süreçleri, SLS'nin varyasyonlarıdır.
- Temel özellikleri
  - Tozlar
  - termal kaynak
  - Toz füzyonunu kontrol etme
  - Kaplama mekanizması



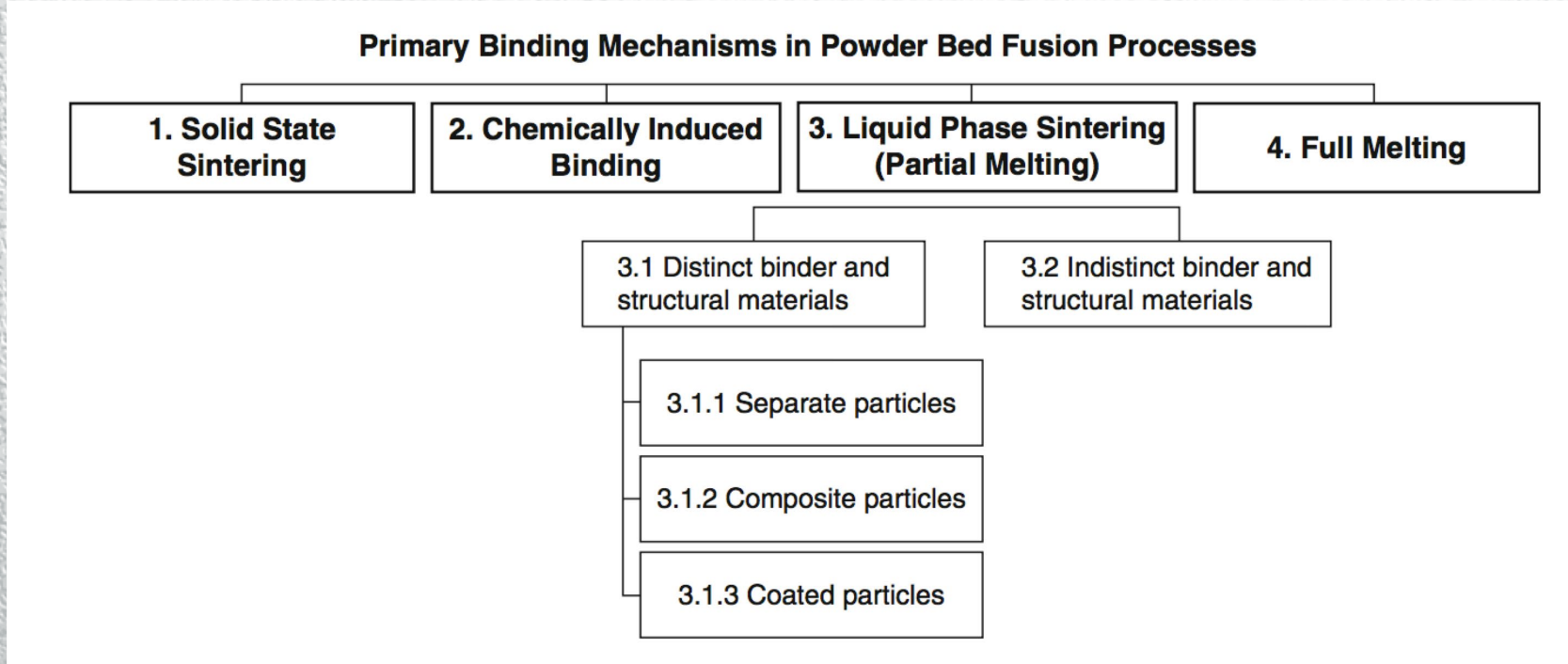
# Toz Yatak Füzyon İşlemleri



Şekil 5.1 Seçici Lazer sinterleme işleminin şeması



# Toz Füzyon Mekanizmaları



Şekil 5.5 Toz Yatak Füzyon proseslerinde birincil bağlanma mekanizmaları



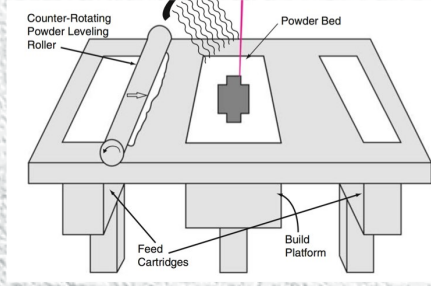
# Tam Erime

- Çoğunlukla metal alaşımları ve yarı kristalli polimerler ile kullanılır.
- Tüm malzeme bölgesi, tabaka kalınlığını aşan bir derinliğe kadar eridi.
- İyi bağlanmış, yüksek yoğunluklu yapılar oluşturmada etkilidir
- Metal tozu PBF prosesleri için mühendislik alaşımları tamamen ergitilir.
- Bu metal alaşımların hızlı erimesi ve katılaşması benzersiz özelliklerle sonuçlanır.
- Aynı alaşımlardan yapılmış döküm veya dövme parçalardan daha iyidir.



# Toz İşleme Zorlukları

- Patentli ters dönen silindiri önlemek için geliştirilmiş çeşitli yöntemler.



**Şekil 5.1 Toz Yatak  
Füzyon proseslerinde  
birincil bağlanma  
mekanizmaları**

- Teslimat sistemleri aşağıdakileri karşılamalıdır:
  - Yeterli hacimde toz haznesi
  - Katman üzerinde doğru miktarda toz
  - Pürüzsüz, ince, tekrarlanabilir katman
  - Önceki katmanda kesme kuvveti olmaması



# Toz İşleme Zorlukları

- Dağıtım sistemi, toz beslemenin evrensel özelliklerini ele almalıdır.
  1. Parçacık boyutu küçüldükçe, parçacıklar arası sürtünme ve elektrostatik kuvvetler artar ve bu da akışkanlığın azalmasına neden olur. Etkili toz dağıtım sistemi, tozu akıcı hale getirmelidir.
  2. Bir parçacığın yüzey alanı/hacim oranı arttığında, yüzey enerjisi artar ve daha reaktif hale gelir. Bazı tozlar inert bir atmosferde tutulmalıdır.



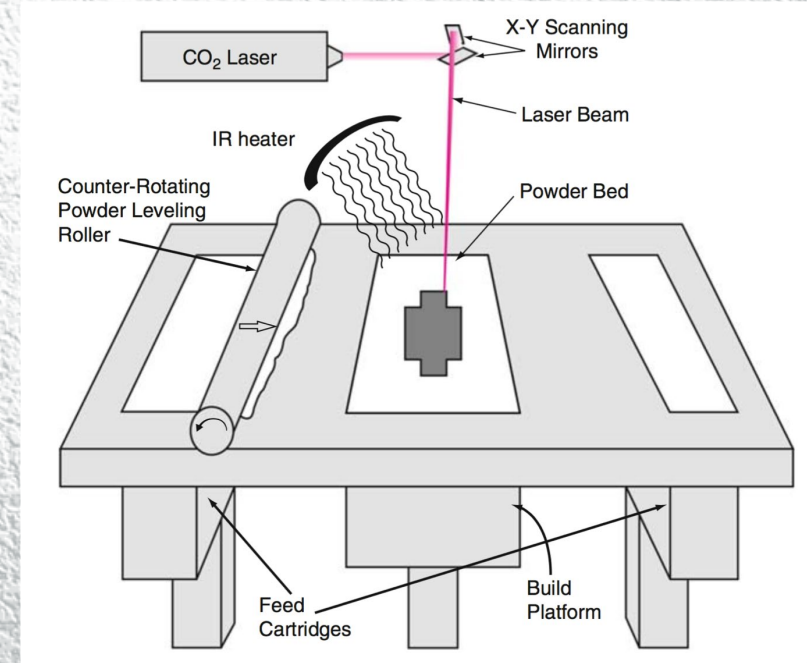
# Toz İşleme Zorlukları

- Dağıtım sistemi, toz beslemenin evrensel özelliklerini ele almalıdır.
- 3. Toz dağıtım sistemi, havadaki partiküllerin oluşumunu en aza indirmelidir.
- 4. Daha küçük toz partikül boyutları, daha iyi yüzey kalitesi, daha yüksek doğruluk ve daha ince katmanlar sağlar. Yöntemler, bu küçük toz parçacıklarının olumsuz etkilerini en aza indirirken, mümkün olan en küçük toz parçacık boyutlarını beslemelidir.



# Toz Taşıma Sistemleri

- Kartuşları yukarı besleyin
- Platform aşağı
- Silindir tarafından itilen yükseltilmiş toz
- Silindirin ters yönde dönme hareketi bir toz dalgası oluşturur
- Önceki katmandaki küçük kesme kuvvetleri

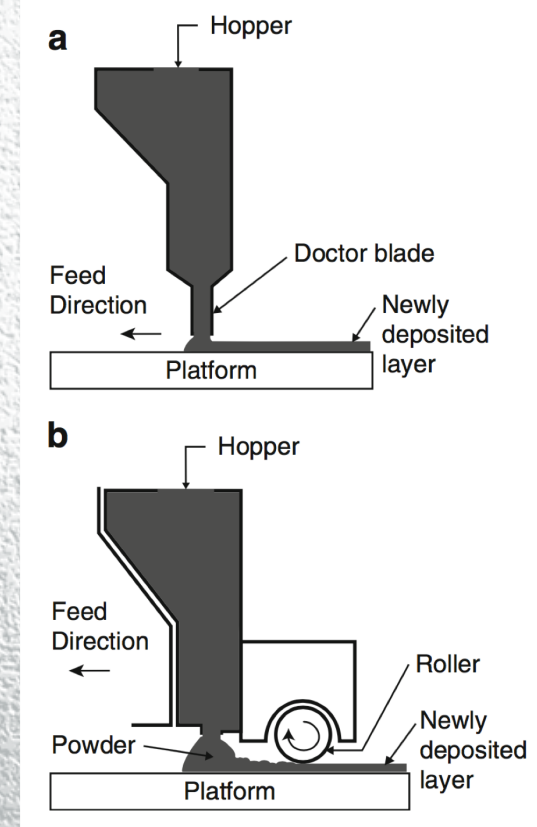


**Şekil 5.1 Toz Yatak Füzyon proseslerinde birincil bağlanma mekanizmaları**



# Toz Taşıma Sistemleri

- Hazne besleme sistemi
- Yukarıdan beslenen tozlar
- Bıçak veya rulo entegre edilebilir.
- Tozları akışkanlaştırmak için besleme ve yayma için ultrasonik titreşim kullanılabilir.
- Çok malzemeli toz yatağı işlemede çoklu hazneler kullanılır.



**Şekil 5.6 Hazne bazlı toz dağıtım sistemleri örnekleri**



# Toz Geri Dönüşüm

- Yüksek sıcaklıkta sinterleme, gevşek toz yatağındaki partikül tanelerinin kaynaşmasına neden olabilir.
- Atmosferik gazlar da buna neden olabilir.
- Yüksek sıcaklıklar polimerin moleküler ağırlığını değiştirebilir.
- Bu etkiler geri dönüştürülmüş tozların özelliklerini değiştirir.
- Bu geri dönüşüm sorununa en basit yaklaşım, belirli bir oranda kullanılmamış tozu kullanılmış tozlarla karıştırmaktır (1:1:1, 1/3 kullanılmayan toz, 1/3 taşma/besleme tozu ve 1/3 yapılı platform tozu).



# Metal ve Seramik Parça Yaklaşımları

- Tam erime
  - Metalik ya da seramik toz malzeme, yüksek güçlü bir lazer veya elektron ışını kullanılarak tamamen eritilir.



# Toz Yatağı Füzyon İşlemlerinin Çeşitleri

- Toz dağıtım yöntemi
- Isıtma işlemi
- Enerji giriş tipi
- Hava şartları
- Optik



# Metaller ve Seramikler için Lazer Tabanlı Sistemler

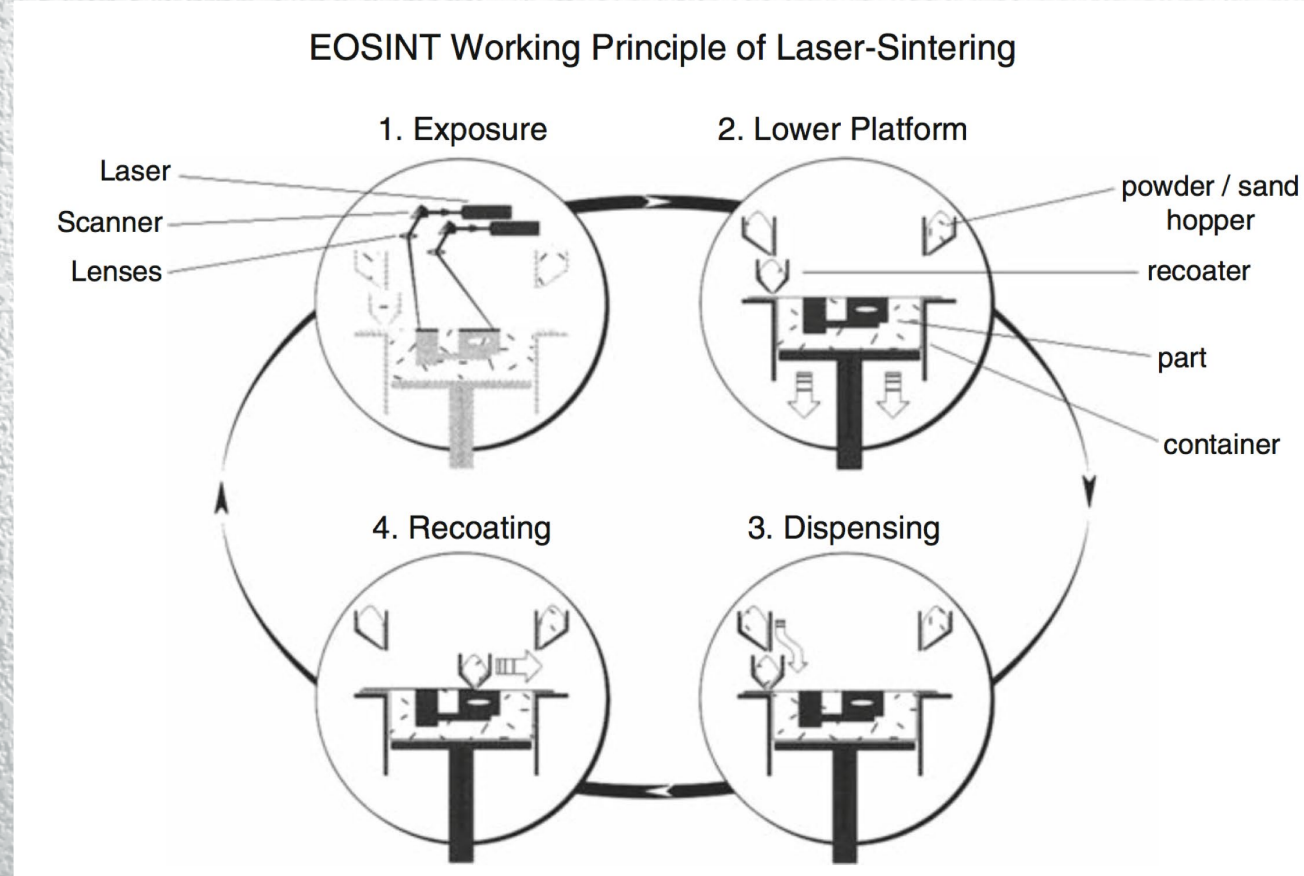
- Seçici Lazer Eritme (SLM)
- Metal tozlarının işlenmesi polimerlere göre daha zordur.
- Yapı platformunun altındaki bir taban plakasına parçaların sağlam bir şekilde bağlanması gerekir.
- 3D Micromac, benzersiz bir iki malzemeli toz besleme mekanizması geliştirdi.



Şekil 5.11 3D Micromac Toz Besleme Sistemi



# Düşük Sıcaklıkta İşleme için Lazer Tabanlı Sistemler(Eritme ile benzer.)

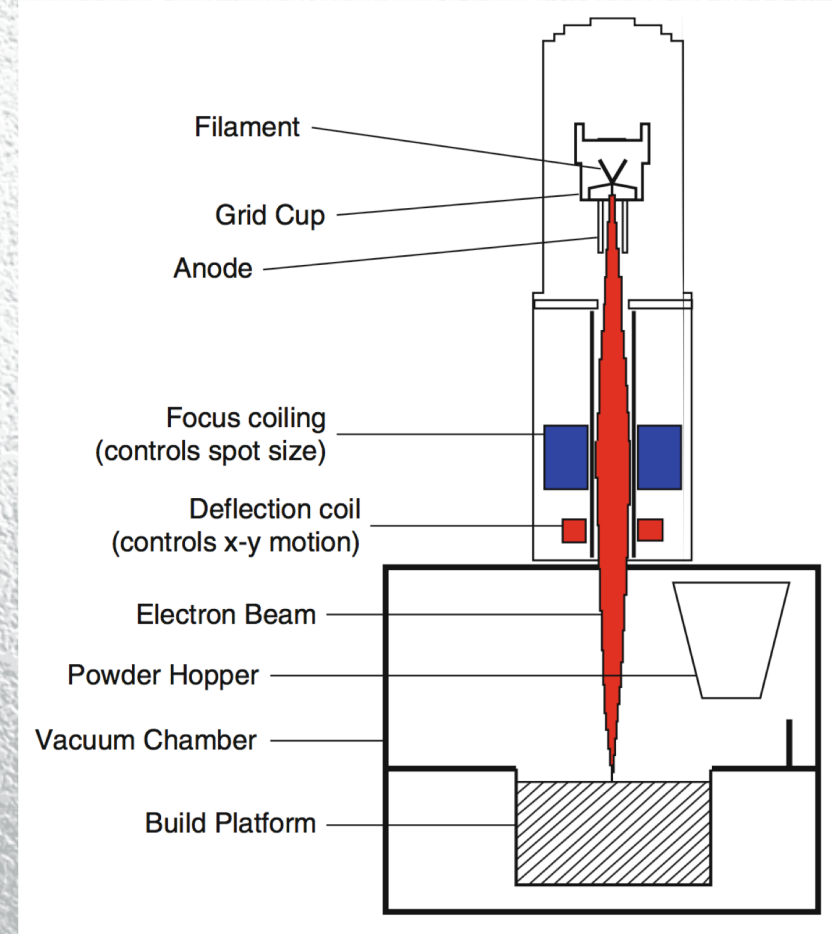


Şekil 5.9 EOSint Lazer Sinterleme Şeması



# Elektron Işını Erimesi (EBM)

- Metal tozu parçacıkları arasında füzyonu indüklemek için kullanılan yüksek enerjili elektron ışını



Şekil 5.13 Bir EBM cihazının şeması (Arcam'ın izniyle.)



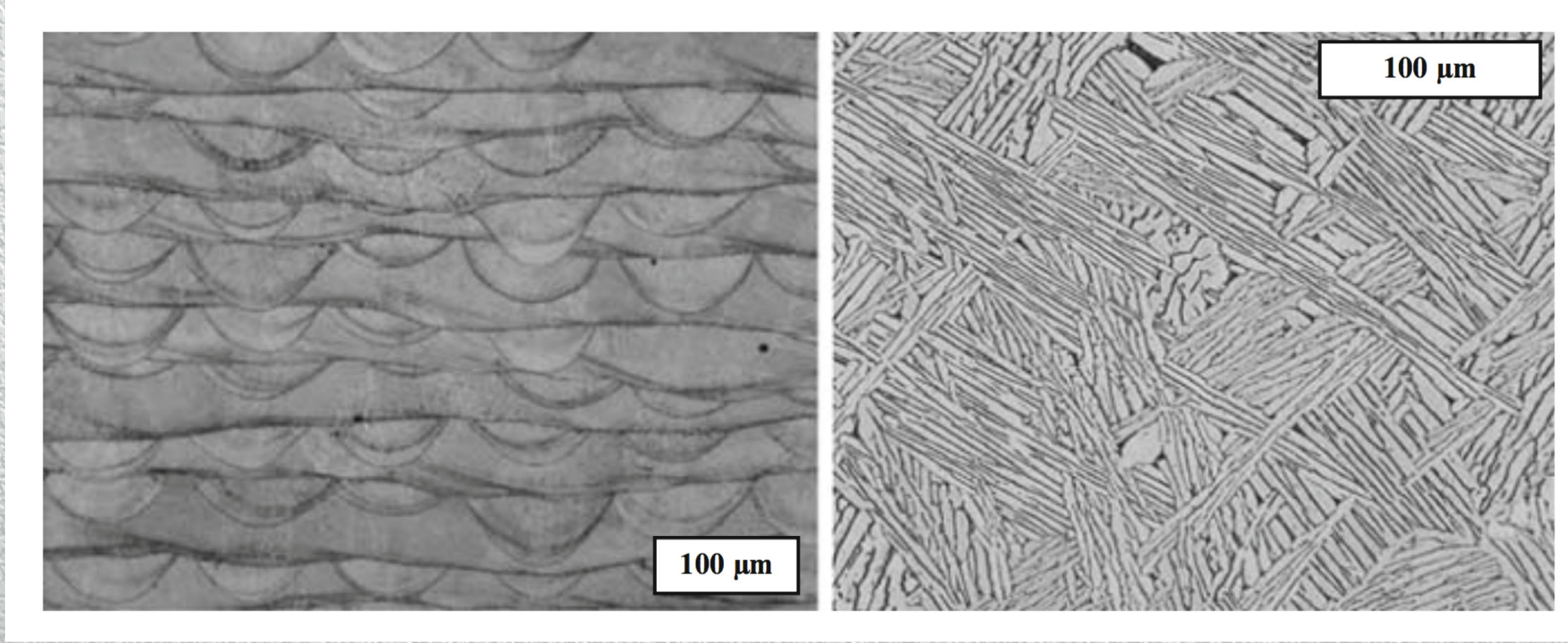
# Elektron Işını Erimesi (EBM)

**Tablo 5.1 EBM ve SLM arasındaki farklar**

Characteristic	Electron beam melting	Selective laser melting
Thermal source	Electron beam	Laser
Atmosphere	Vacuum	Inert gas
Scanning	Deflection coils	Galvanometers
Energy absorption	Conductivity-limited	Absorptivity-limited
Powder pre-heating	Use electron beam	Use infrared heaters
Scan speeds	Very fast, magnetically-driven	Limited by galvanometer inertia
Energy costs	Moderate	High
Surface finish	Moderate to poor	Excellent to moderate
Feature resolution	Moderate	Excellent
Materials	Metals (conductors)	Polymers, metals and ceramics



# Elektron Işını Erimesi (EBM)



Şekil 5.14 Mevcut SLM ve EBM uygulamasının mikro yapı temsilcileri



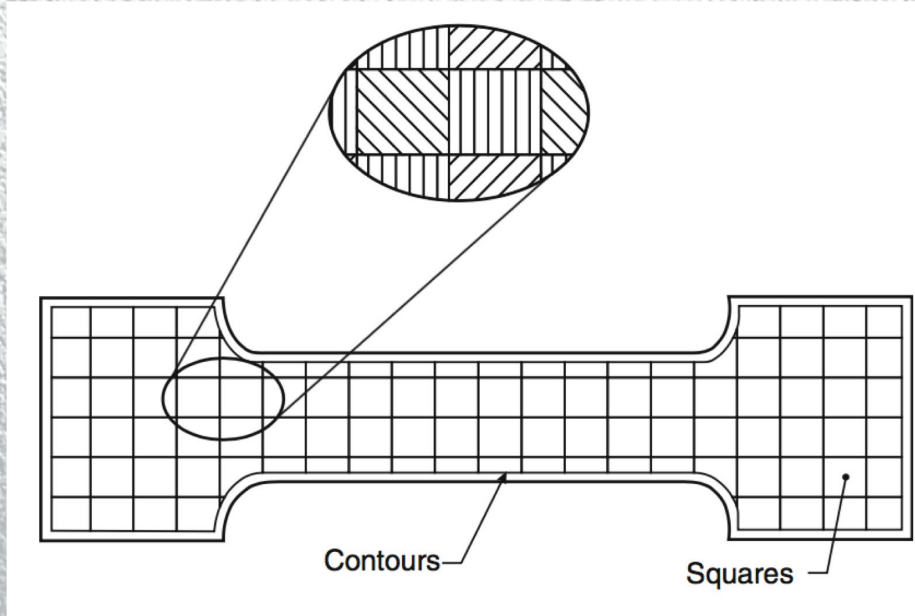
# İşlem parametreleri

- Optimum proses parametrelerinin kullanılması son derece önemlidir.
  - Lazerle ilgili parametreler
  - Tarama ile ilgili parametreler
  - Tozla ilgili parametreler
  - Sıcaklıkla ilgili parametreler
- Bu parametreler güçlü bir şekilde birbirine bağlıdır ve karşılıklı olarak etkileşim halindedir.



# İşlem parametreleri

- Tarama modları
  - Kontur modu (doğruluk ve yüzey kalitesi)
  - Doldurma modu



Şekil 5.16 PBF tekniklerinde kullanılan tarama stratejileri



# Enerji Korelasyonları & Tarama Modelleri

- En basit analitik yaklaşım
  - EA : Uygulanan enerji yoğunluğu
  - P: Lazer gücü
  - U: Tarama hızı
  - SP: Tarama aralığı

$$E_A = \frac{P}{U \times SP}$$

- SLS için tipik tarama aralığı değerleri  $\sim 100 \mu\text{m}$  iken, tipik lazer spot boyutları  $\sim 300 \mu\text{m}$ 'dir. Bu nedenle, tipik olarak her nokta, lazer ışınının birden çok geçişiyle taranır.



# Malzemeler

- Eritilip yeniden katılaştırılabilen malzemeler kullanılabilir.
  - Termoplastik malzemeler çok uygun
  - Poliamid bazlı tozlar
  - Metal tozları
- Poliamid tozları kullanılarak üretilen SLS parçalarının mekanik özellikleri, enjeksiyonla kalıplanmış termoplastik parçalarinkine yakındır, ancak önemli ölçüde azaltılmış uzama ve benzersiz mikro yapılar ile.
- Kauçuk benzeri özelliklere sahip oldukça esnek parçalar üretmek için elastomerik termoplastik polimerler mevcuttur.



# Yetenekler ve Sınırlamalar

- Gevşek toz yatağı yeterli bir destek malzemesidir.
  - Üretim ve işlem sonrası zaman tasarrufu sağlar.
  - Karmaşık şekiller.
- Doğruluk ve yüzey kalitesi, fotopolimerizasyon işlemlerinden daha kötüdür.
- Düşük termal iletkenliğe sahip malzemeler daha iyi doğruluk sağlar.
- Parça yapım süresi diğer AM süreçlerine göre daha uzundur.
- Bir seferde birden fazla parça oluşturulabilir.

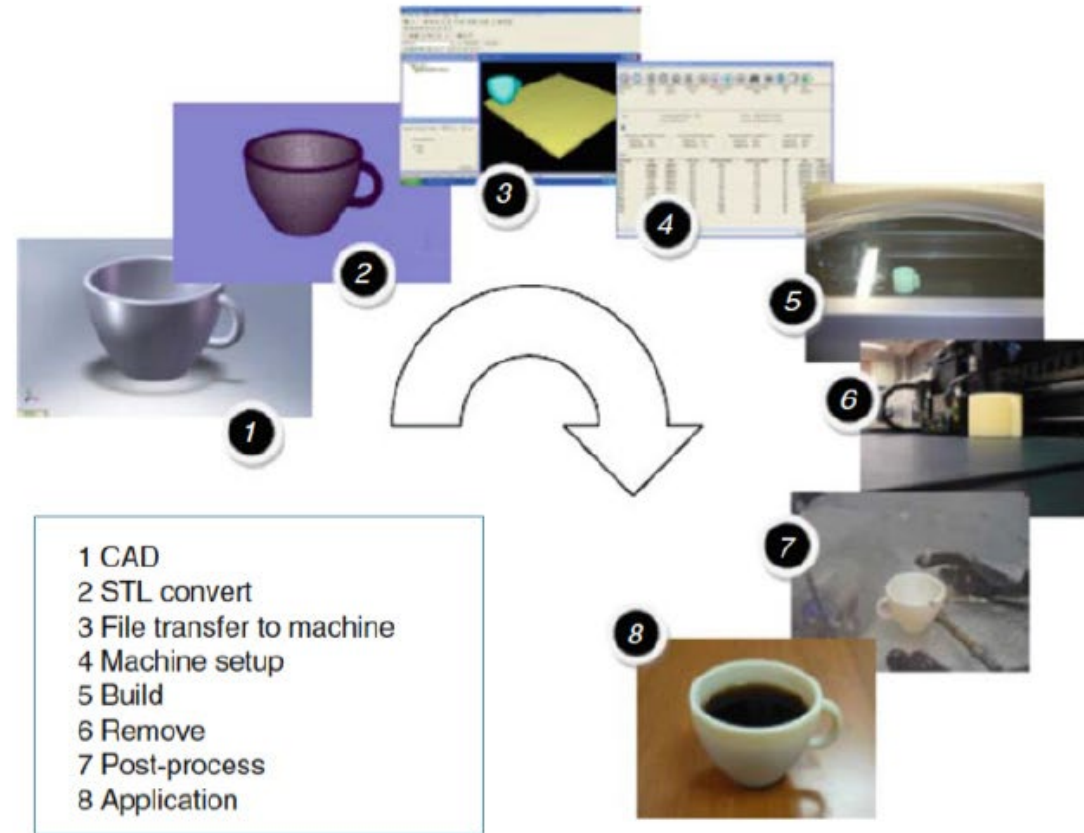


# Sonuçlar

- İlk AM süreçlerinden biri
- Popüler
- Prototipleme
- Son kullanım uygulamaları
- Düşük ila orta hacimli geometrik olarak karmaşık parçalar için rekabetçi
- Metal bazlı süreçler büyüyor.
  - Havacılık
  - Biyomedikal



# Generalized AM Process Chain

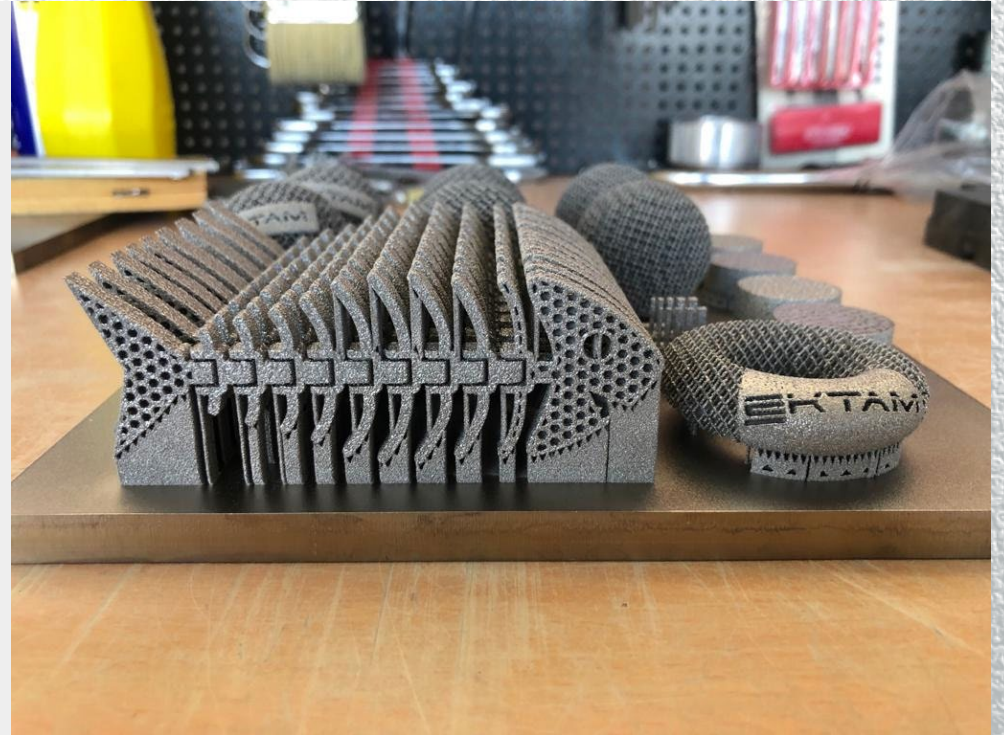
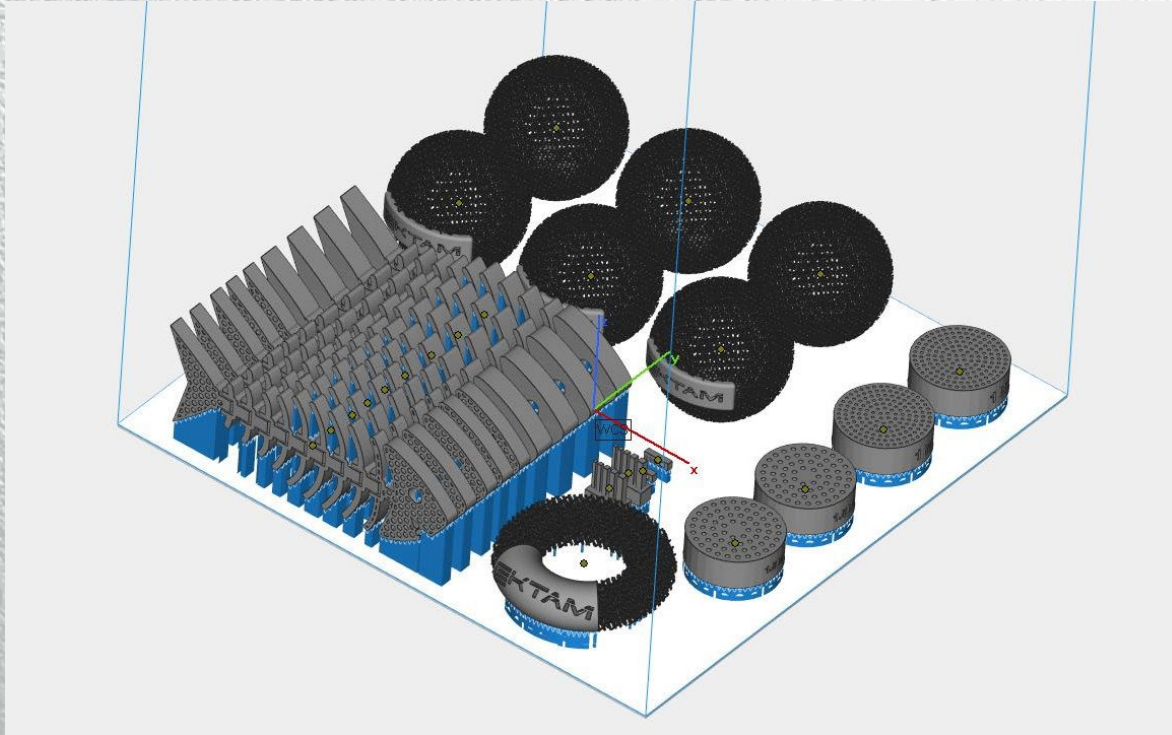


**Fig. 3.1** The eight stages of the AM process



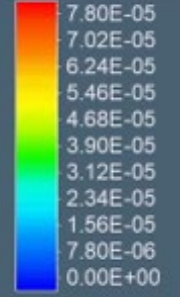


# EKTAM

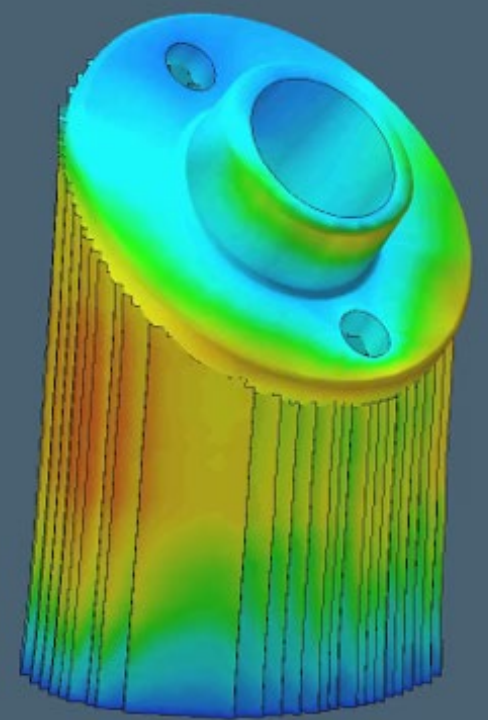




Total distortion [m]



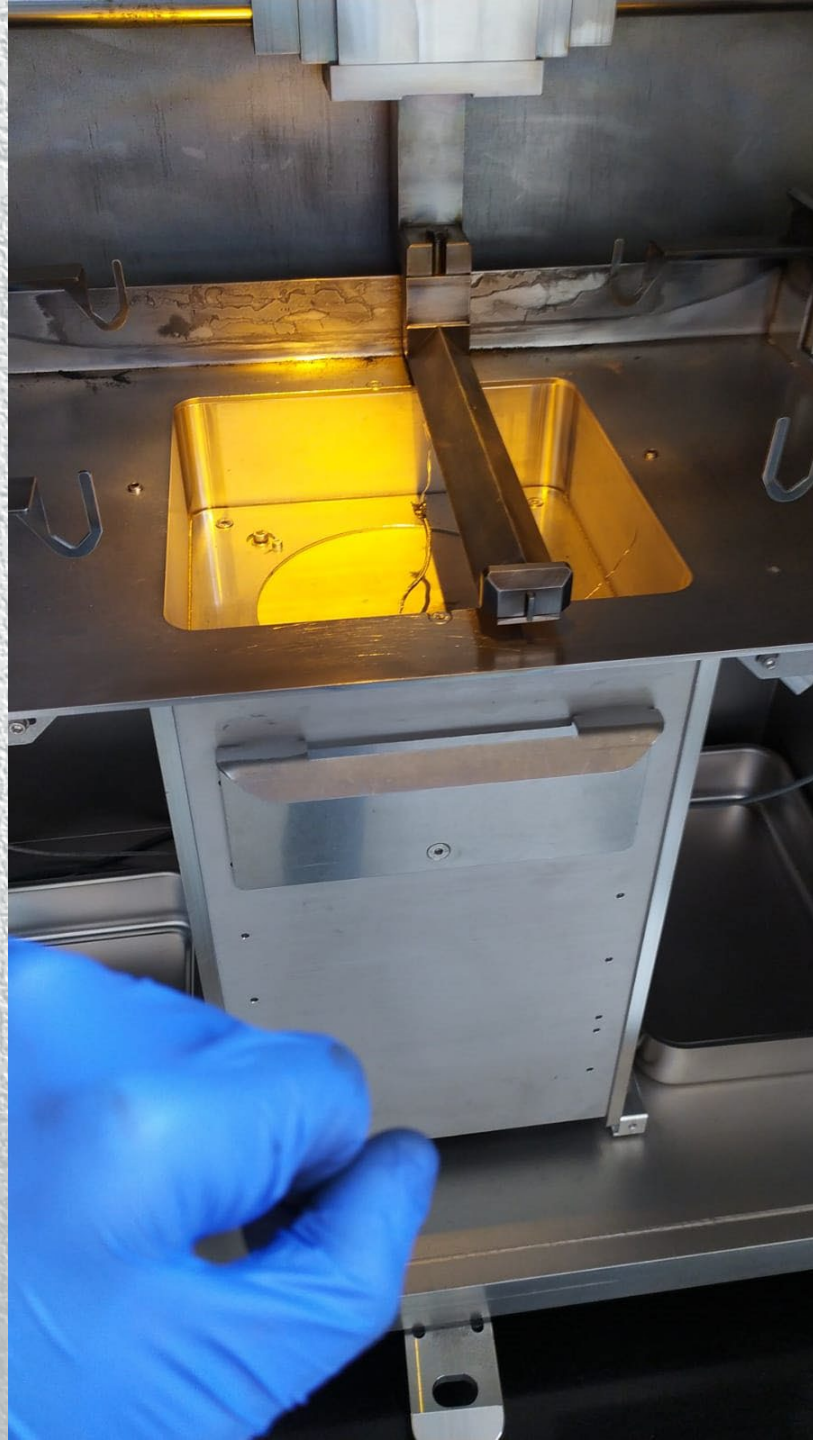
max: 6.11E-04  
min: 0.00E+00



Process - results  
68.0 s (vlayer 68)  
Displacement scaling: 10









**Arcam A2X EBM Machine**



**Concept Laser M2 Cusing SLM Machine**

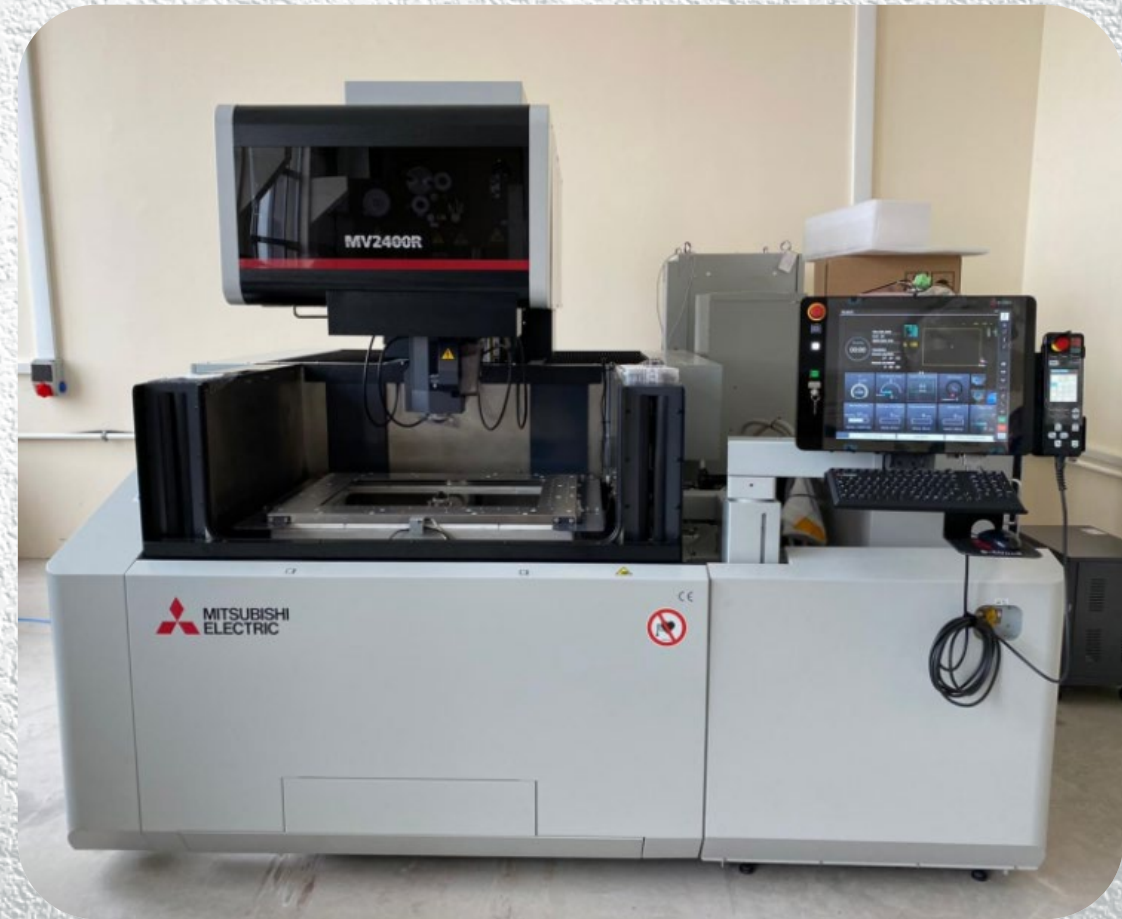




**ERMAKSAN Ena Vision 250 SLM Machine**



**Wire EDM Machine**





**Surface Grinding Machine**



**Example of Concept Laser M2 Cusing SLM Machine**





## REFERANSLAR:

- [Fig.5.1, Fig.5.5, Fig.5.6, Fig.5.11, Fig.5.9, Fig.5.13, Fig.3.1 ]Gibson, Ian, David Rosen, and Brent Stucker. *Additive manufacturing technologies: 3D printing, rapid prototyping, and direct digital manufacturing*. Springer, 2014.
- EKTAM Dosyaları





SON.