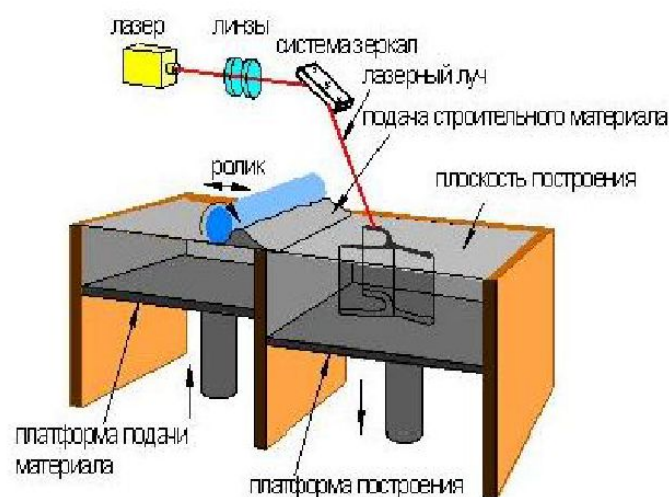


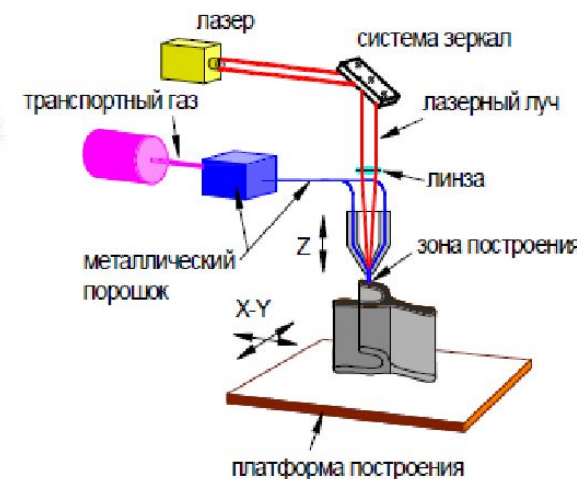
Аддитивные технологии в машиностроении

Аддитивные технологии

- Классификация: по методу формирования слоя



а – Bed Deposition



б – Direct Deposition

Компании-производители машин (технологии)

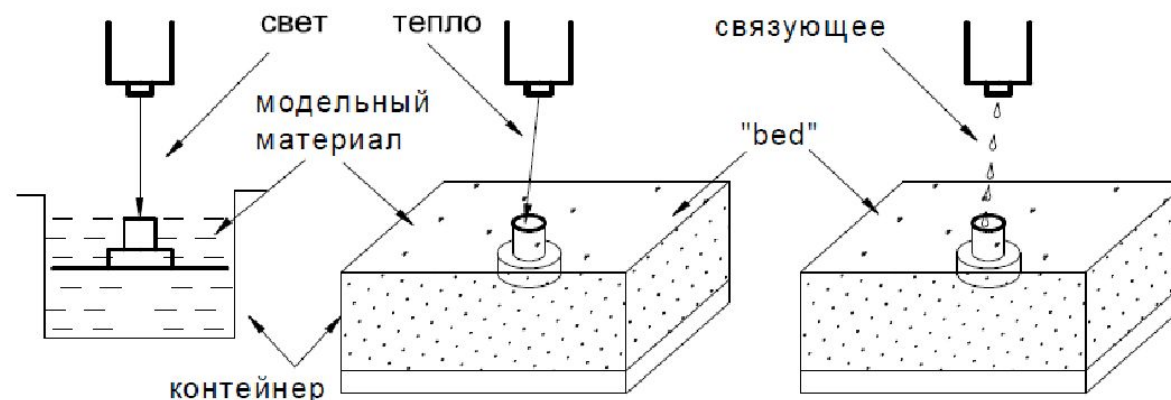
а
3D Systems (SLS, SLA)
EOS (DMLS)
Envisiontec (DLP)
SLM Solutions (SLM)
Realizer (SLM)

а
ExOne (Ink-Jet)
Renishaw (SLM)
Voxeljet (Ink-Jet)
Concept Laser
(Laser CUSING)

б
Optomec (LENS)
POM Group (DMD)
Trumpf (DLF)
Objet (Poly-Jet)
Stratasys (FDM, DoD)
3D Systems (MultiJet)

Аддитивные технологии

- Классификация: по методу фиксации слоя



а – фотополимеризация

«свет»

б – сплавление

«тепло»

в – склеивание

«связующее»

Компании-производители машин (технологии)

3D Systems (SLS)
Envisiontec (DLP)
Stratasys (Objet, Poly-Jet)

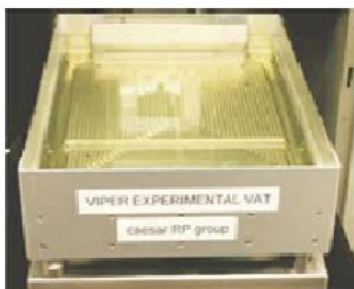
3D Systems (SLM)
EOS (DMLS)
SLM Solutions (SLM)
Optomec (DMD)
POM Group (DMD)
Trumpf (DMD)
Stratasys (FDM)
Arcam (EBM)

ExOne (Ink-Jet)
3D Systems (Ink-Jet)
Voxeljet (Ink-Jet)

Аддитивные технологии

- Классификация: по типу строительных материалов

жидкие



Фотополимеры

акриловые (эпоксидные)

сыпучие



Полимеры

полиамид, полистирол
PMMA (polymethyl methacrylate)

Пески

кварцевые, циркониевые

Металлопорошки

Al, Cu, Ti-Al, Ti, Ag, Au

Co-Cr, Inconel, Ni-Fe

инструментальные стали

нитевидные,
прутковые



Полимеры

ABS-подобные

PU-подобные

Металлы

(feedstock в виде
прутка или
проволоки)

листовые,
плёночные



Полимеры

ПВХ-пленки

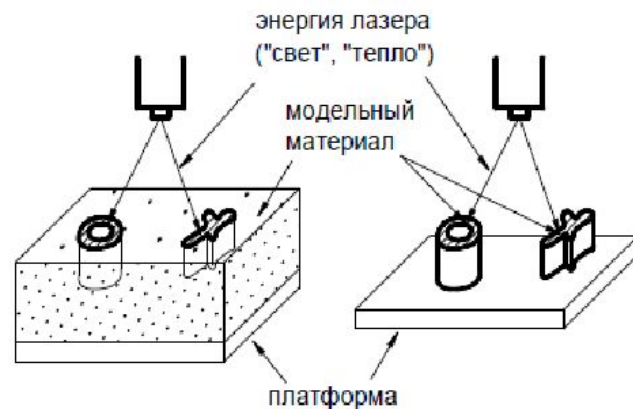
Металлы

фольга

листовой прокат

Аддитивные технологии

лазерные



а

Bed Deposition

а

жидкости

(SLA-технология)

сыпучие

(SLS-технология)

листовые

(LOM-технология)

б

Direct Deposition

б

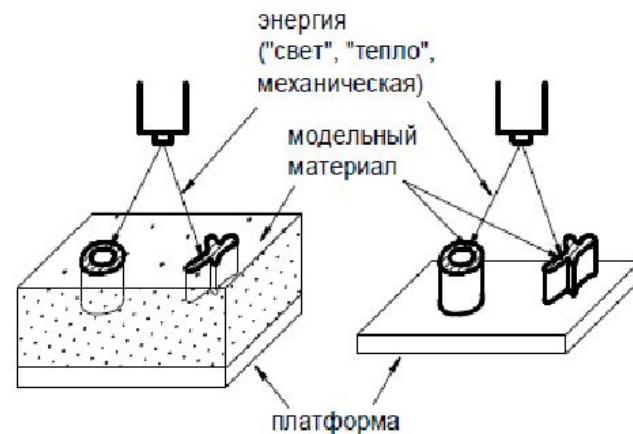
сыпучие

(LENS-, DMD-технология)

нитевидные

(металл. проволока);
(Laser based wire-feed process)

нелазерные



в

Bed Deposition

в

жидкости

(DLP-технология)

сыпучие

(Ink-Jet-технология)

Листовые

(LOM-технология)

г

Direct Deposition

г

сыпучие

(Poly-Jet-, Ink-Jet-технология)

нитевидные

(FDM-технология)

Аддитивные технологии

Bed Deposition

Предполагает наличие (неподвижной) поверхности «bed» на которой формируется слой, а затем в этом слое выборочно отверждается строительный материал.

Отверждение осуществляется с помощью лазера.

Direct Deposition

Прямое или непосредственное осаждение (материала).

Материал, в отличие от «Bed deposition» подается в конкретное место ,куда идет подвод энергии (лазера) и происходит непосредственное формирование детали.

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Bed Deposition

- SLS и SLA технологии
- SLM – Selective Laser Melting
- DMLS – Direct Metal Laser Sintering
- EBM – Electron Beam Melting
- Laser Cusing
- SPLS – Solid Phase Laser Sintering
- Ink-Jet или Binder Jetting

Direct Deposition

- DMD – Direct Metal Deposition
- LENS – Laser Engineered Net Shape
- DM – Direct Manufacturing
- MJS – Multiphase Jet Solidification

Классификация ASTM

По классификации ASTM в версии 2012 г. аддитивные технологии разделены на 7 категорий:

1. **Material Extrusion** – «выдавливание материала» или послойное нанесение расплавленного строительного материала через экструдер;
2. **Material Jetting** – «разбрызгивание (строительного) материала» или послойное струйное нанесение строительного материала;
3. **Binder Jetting** – «разбрызгивание связующего» или послойное струйное нанесение связующего материала;
4. **Sheet Lamination** – «соединение листовых материалов» или послойное формирование изделия из листовых строительных материала-лов;

Классификация ASTM

По классификации ASTM в версии 2012 г. аддитивные технологии разделены на 7 категорий:

5. **Vat Photopolymerization** – «фотополимеризация в ванне» или послойное отверждение фотополимерных смол;
6. **Powder Bed Fusion** – «расплавление материала в заранее сформированном слое» или последовательное формирование слоев порошковых строительных материалов и выборочное (селективное) спекание частиц строительного материала;
7. **Directed energy deposition** – «прямой подвод энергии непосредственно в место построения» или послойное формирование изделия методом внесения строительного материала непосредственно в место подвода энергии.

Классификация ASTM

Material Extrusion

Пример: технология MJS (Multiphase Jet Solidification),

Тех.процесс: В место построения модели через подогреваемый экструдер выдавливается пастообразный строительный материал: смесь металлического порошка и связующего – пластификатора.

Построенную таким образом модель помещают в печь для удаления связующего и дальнейшего спекания

Material Extrusion

Наиболее массовая технология

Сфера применения: сфера образования, «домашнего» моделирования и развлечения.



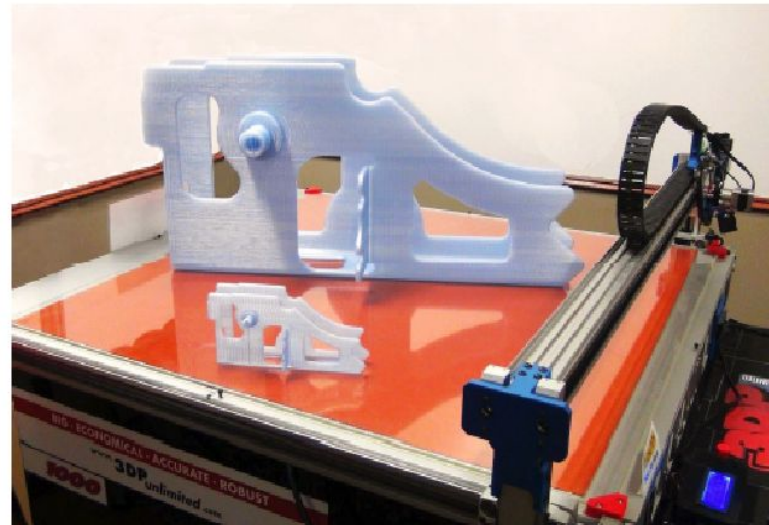
(Источник: www.stratasys.com)

Fortus 900 mc (Stratasys, США):

Зона построения:

XYZ=914x610x914 мм;

шаг построения 0,178-0,33 мм



(Источник: www.3dpunlimited.com)

3DP1000 (3DP Unlimited, США):

Зона построения:

XYZ=1000x1000x500 мм;

шаг построения 0,07 мм

Material Jetting

Пример: технология **Poly-Jet**

Применяется в принтерах Objet (Израиль).

Модельный материал - фотополимерная смола.



(Источник: <http://www.stratasys.com>)

Рисунок 2.8. Принтер Objet500 Connex3: зона построения
 $XYZ=490 \times 390 \times 200$ мм; шаг построения 0,016-0,030 мм

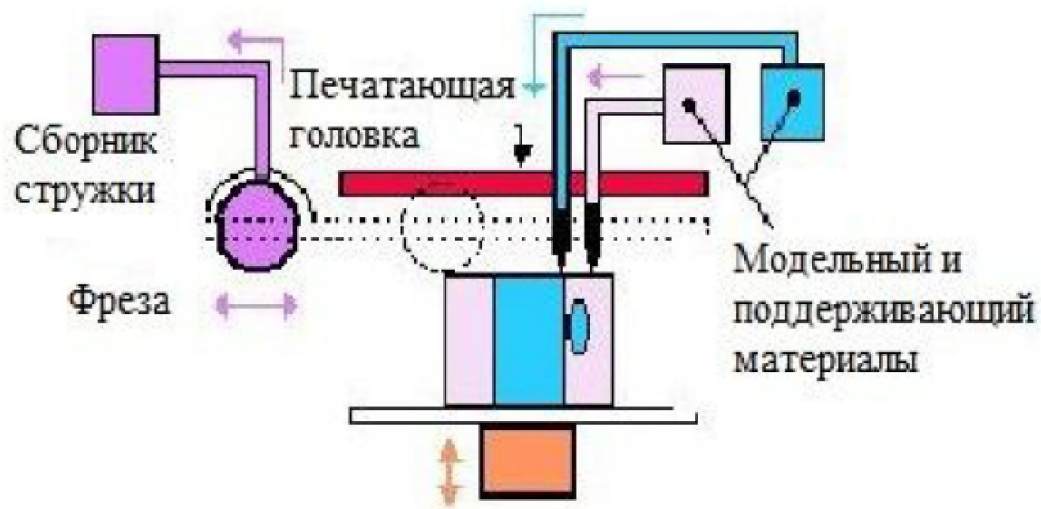
Material Jetting

Пример: технология DoD (Drop-on-Demand)

Применяется 2 материала: модельный – воск и поддерживающий (после построения модели смывают теплой водой)

Принтер оснащен фрезерной головкой для механической обработки построенного слоя и обеспечения требуемой высоты модели.

Сфера применения: Ювелирная промышленность и стоматологическая медицина



(Источник: http://www.additive3d.com/fdm_int.htm)



(Источник: www.sculptcad.com/index.php/news/information/51)

Рисунок 2.10. Принтер CrownWorx: зона построения

XYZ=152,4x152,4x50,8 мм; толщина слоя 50 мкм. Технология WDM

Binder Jetting



(Источник: http://www.additive3d.com/fdm_int.htm)

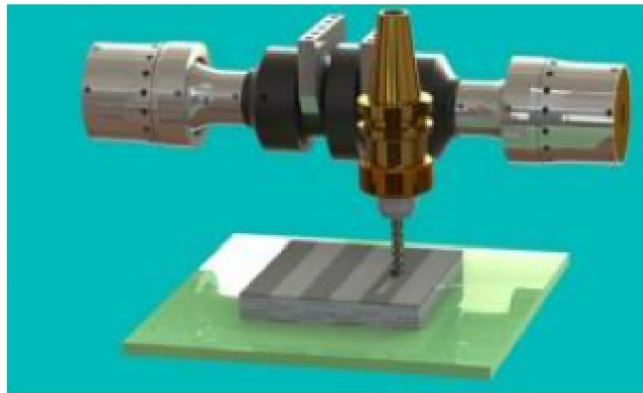
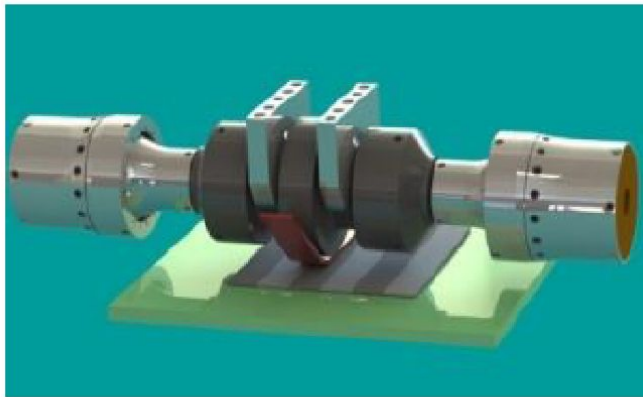


(Предоставлено ExOne Corp.)

Sheet Lamination

Пример: технология UAM (Ultrasonic Additive Manufacturing, Fabrisonic)

Тонкие металлические пластины сваривают с помощью ультразвука и затем «лишний» металл удаляют фрезерованием



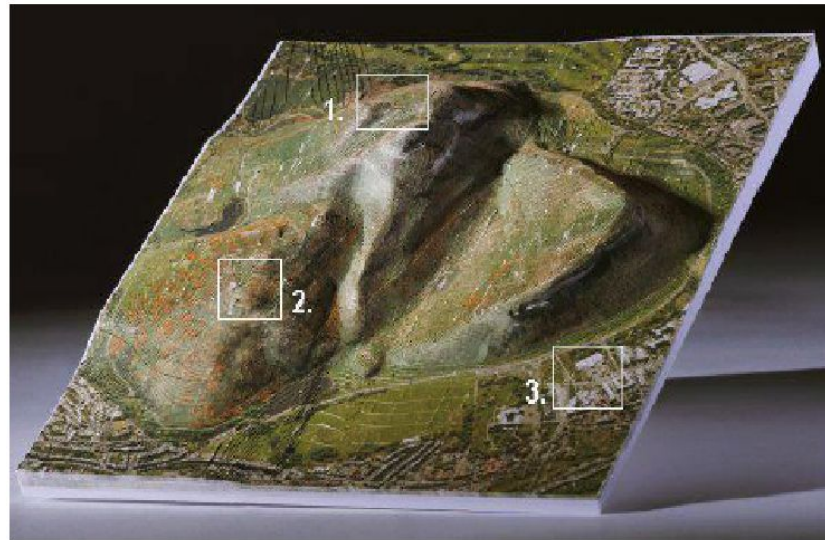
(Источник: www.fabrisonic.com)

Sheet Lamination

Пример: технология LOM (Laminated Object Manufacturing)

В машинах Mcor (Ирландия) и Kira (Япония) строительный материал - бумага и клей, вместо лазера – нож с износостойким покрытием.

Стоимость около \$50 тыс. (версия Matrix 300+ без цветной печати – около \$35 тыс.).

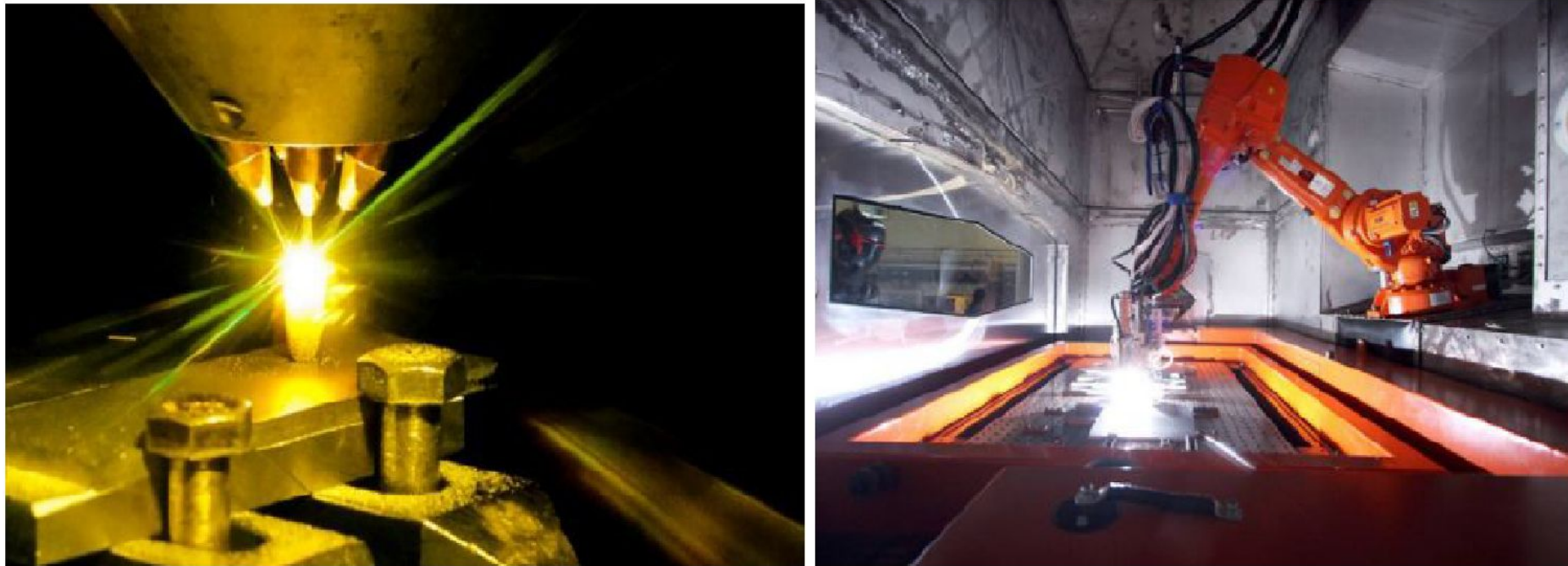


(Источник: www.3d-p.info/3d-printer-mcor-iris)

Directed energy deposition

В машиностроительных отраслях наиболее часто используемые технологии, список которых приведен выше (**direct deposition**).

Наиболее распространенные SLA и SLS (и их разновидности), как самые точные и доступные в применении.



(Источник: <http://www.tu.no/industri/2012/08/21/>)