

Министерство образования и науки Украины
Севастопольский национальный технический университет

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению курсового
проекта по дисциплине
«Высокие технологии в машиностроении»

для студентов специальностей
«Автомобили и автомобильное хозяйство»
«Технология машиностроения»
«Металлорежущие станки и системы»
для дневной формы обучения

СЕВАСТОПОЛЬ

2005

УДК 629.113

Высокие технологии в машиностроении: Методические указания к выполнению курсового работы/ Разраб. А.П.Фалалеев: Изд-во СевНТУ, 2005.- 23с.

Целью курсового проекта является приобретение и закрепление знаний по компьютерному моделированию, компьютерному анализу напряженного состояния деталей с использованием метода конечных элементов, рабочих процессов производства деталей в условиях современного производства и высоких технологий.

Методические указания рассмотрены и утверждены на кафедре “Автомобильного транспорта”.

(протокол № 6 от 23 июня 2005г.)

Допущено учебно-методическим центром СевНТУ в качестве методических указаний.

Рецензент:

Копп В.Я. доктор техн. наук, профессор.

СОДЕРЖАНИЕ

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ	4
1. СОЗДАНИЕ 3-Х МЕРНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ ДЕТАЛИ	5
2. ХРАНЕНИЕ И ОБМЕН 3-Х МЕРНЫМИ ДАННЫМИ МЕЖДУ СИСТЕМАМИ .	5
3. АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТА	7
4. ПОДГОТОВКА МОДЕЛИ К ПРОИЗВОДСТВУ МЕТОДАМИ RP	8
4.1 Оптимальная ориентация детали	8
4.2 Создание структур поддержки	9
5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ШТАМПОВОЙ ОСНАСТКИ.....	10

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Целью курсового проекта является приобретение и закрепление знаний по компьютерному моделированию, компьютерному анализу напряженного состояния деталей с использованием метода конечных элементов, рабочих процессов производства деталей в условиях современного производства и высоких технологий.

Знакомство с методами ускоренного производства деталей, технологией подготовки производства.

Проект состоит из расчетно-пояснительной записки, которая обязательно должна включать все разделы, которые есть в методическом указании, и графической части. Моделирование детали выполняется согласно назначенным преподавателем заданием. Расчетно-пояснительная записка оформляется на бумаге формата А4 рукописным или машинным способом..

Графическая часть 3-4 листа выполняется в электронном виде и оформляются графически (формат А1). Чертежи должны отвечать требованиям ГОСТ.

Графическая часть должна включать:

1) Аксонометрию детали, разработанной согласно задания в одной из CAD-систем в формате 3-х мерного объекта (формат А2).

2) Схема нагружения детали, анализ напряженного состояния и уточненный чертеж детали. На листе представляется деталь в виде сетки, с указанием линий равных напряжений и 2-х мерный чертеж детали. (формат А2)

3) Проект поддерживающих структур, оптимальное размещение детали (деталей) на платформе станка, физические характеристики детали (масса, время производства) (формат А2)

4) Чертеж и аксонометрия матрицы и пуансона для массового производства данного изделия (формат А2).

5) Графическое изображение технологического процесса изготовления детали с указанием оборудования, времени и режимов операций (А1).

Размещение на листах, указанной информации произвольное.

Все графические материалы студент представляет выполненными на листах и электронные версии, включая 3-х мерные модели детали и штампа.

Пояснительная записка должна содержать следующие разделы:

1. СОЗДАНИЕ 3-Х МЕРНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ ДЕТАЛИ

По заданию преподавателя разработать 3-х мерную компьютерную модель детали автомобиля. Дизайн детали может определяться существующими конструкциями автомобилей или индивидуальным заданием на дизайн новых форм (тюнинг).

Для создания трехмерной модели можно использовать современные графические редакторы для создания конструкторской документации (Компас, AUTOCAD, PRO/E, Solidworks и т.п.) или специальные дизайнерские пакеты для создания трехмерных анимаций (3DMAX). При использовании последних осложняется процесс подготовки конструкторской документации на деталь (чертежей).

При создании модели описать методы формообразования, использованные при моделировании и последовательность создания модели.

2. ХРАНЕНИЕ И ОБМЕН 3-Х МЕРНЫМИ ДАННЫМИ МЕЖДУ СИСТЕМАМИ

Для передачи и хранения данных в RP –технологиях используется формат STL. Он является де-факто стандартом для большинства существующего оборудования.

- созданную модель перевести в .stl формат (ASCII и бинарный) с различной степенью точности (3-и варианта). ;
- оценить время отображения файла, размер файла в двух видах;
- проверить наличие ошибок при создании .stl формата, выполнение правила (вершина к вершине);

Создание CAD - моделей (3-D моделирование и трансформация теоретической модели в систему двумерных 2-D моделей), а также подготовка к дальнейшему использованию требует основной части времени затрачиваемого при RP процессах. Оно требует повышенного внимания еще и потому, что может использоваться как диалоговый инструмент для оптимизации конструкции изделия, для быстрого устранения недостатков опытного образца путем изменения банка данных. Чаще всего первоначальная модель представлена как некоторое геометрическое твердое тело. С помощью CAD -систем описывается геометрия детали для ее дальнейшей математической обработки с помощью треугольной аппроксимации (триангуляции) и затем это описание переводится в стандартный формат STL. Далее STL-данные раскладываются на отдельные сечения с малой высотой (шагом) $h = 0,1 - 0,2$ мм.

Пример ASCII формата показан на рисунке 2.1:

```
solid name
facet normal 0.19 -0.92 -0.34
outer loop
  vertex 7.94800 4.03320 -0.04250
  vertex 8.24950 4.08700 -0.02290
  vertex 8.24950 3.98440 0.25900
endloop
endfacet

...

facet normal 0.19-0.92-0.34
outer loop
  vertex 8.24950 3.98440 0.25900
  vertex 7.94800 3.93060 0.23940
  vertex 7.94800 4.03320 -0.04250
endloop
endfacet
endsolid
```

Рисунок 2.1 – Пример записи .stl формата

Каждый треугольник перечисляет координаты XYZ нормали и три координаты XYZ вершины в свободном формате.

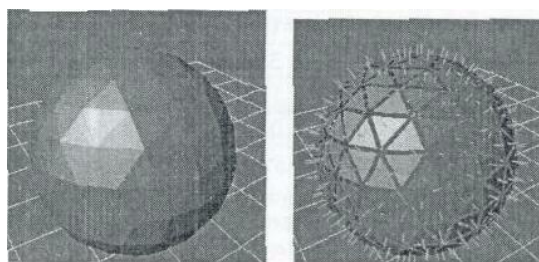


Рисунок 2.2 – Триангуляция шара

Поскольку изогнутые поверхности должны быть приближены к плоским треугольникам, необходимо определить требуемое количество треугольников. Рассмотрим цилиндр с круговым сечением (рисунок 2.3)

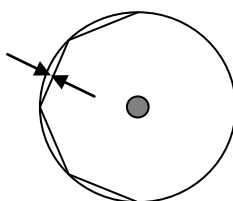


Рисунок 2.3 – Описание цилиндрической поверхности

Цилиндр приближается к многограннику. Таким образом, чтобы достичь меньше чем ошибка 1 %, более чем 1000 треугольников должны использоваться в сферу. Это - не редкое поведение для любого поверхностного типа, который имеет искривление в двух направлениях, типа сфер, полукруглый, и кубических поверхностей.

При производстве STL файлов необходимо учитывать следующие правила: Правило «Вершина к Вершине»:

Каждое ребро в STL файле должно быть границей между двумя и только двумя треугольниками.

Графическое описание STL файла, показывает, что два смежных треугольника могут только встречать вершина к вершине как показано ниже:

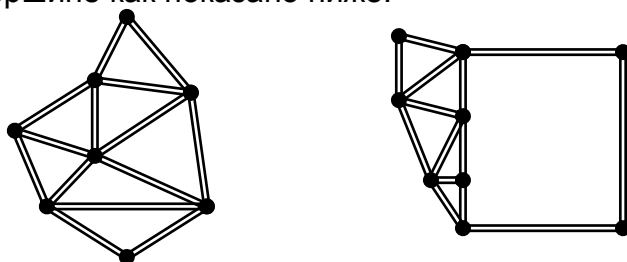


Рисунок 2.4 - Правильное и неверное описание поверхности

Другое требование для STL файлов - то, что описанная геометрия должна быть законченным твердым телом. Если этот набор треугольников был внешней оболочка контейнера для жидкостей, то должен держать воду без утечки. Не может быть никаких трещин (отсутствующие треугольники) в поверхности. Не может иметься никаких областей с нулевой толщиной. Поверхность наружной обшивки не может пересекаться.

Необходимо обращать внимание при попытке изготовления модели методами RP из поверхностного геометрического объекта. Объемная целостность должна быть гарантирована. Стороны и ядро должны быть добавлены и объединены, чтобы сделать объект твердым телом.

Для проверки можно использовать Правило Эйлера для твердых тел:

$$F - E + V - H = 2 (B - P) \quad (1)$$

где F - Число поверхностей (в этом случае, число треугольников);

E - Число граней;

V - Число вершин;

H - Число отверстий ;

В - Число отдельных, непересекающихся тел;

Р - Число проходов (то есть; отверстия через все тело)

Для треугольного многогранника, никакая поверхность не может иметь никакие отверстия, так как $H = 0$. Тогда правило Эйлера:

$$F - E + V = (B - P) \quad (2)$$

Каждый треугольник совместно использует три грани с тремя и только с тремя другими треугольниками, так, чтобы там было точно грани $3/2$ для каждой поверхности:

$$E = 3/2 F \quad (3)$$

Это означает, что для правильных STL файлов, должно иметься четное число аспектов, число граней должен быть кратное числу 3, и Правило Эйлера становится:

$$- 1/2 F + V = 2 (B - P) \quad (4)$$

Например, в простой части сферы, показанной ранее.

Для передачи созданной в КОМПАС-3D модели в другие пакеты с целью дальнейшей ее обработки (для включения в сборку, выполнения прочностных и иных расчетов, формирования управляющих программ для технологического оборудования и т.д.) служат команды экспорта.

Трехмерные модели КОМПАС-3D можно сохранить и передать в форматах IGES, SAT и STL.

Для того, чтобы записать трехмерную модель КОМПАС в одном из доступных форматов, вызовите из меню Файл команду Экспорт и в развернувшемся подменю укажите название нужного формата.

При экспорте детали КОМПАС-3D в форматы IGES и SAT не передается информация о цвете граней детали.

В качестве примеров использования экспортированных моделей КОМПАС-3D можно привести формирование управляющих программ для станков с ЧПУ на основе файлов формата IGES (система Гемма3D), формирование управляющих программ для стереолитографических машин на основе файлов формата STL, создание сборок на основе файлов формата SAT (системы SolidWorks и SolidEdge).

3. АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТА

- разработать схему нагружения объекта;
- компьютерную модель экспортировать в формат для анализа методом конечных элементов (ANSYS);
- провести анализ напряженного состояния детали;
- окончательно определить размеры детали из условия прочности и жесткости;
- представить результаты в виде, уточненного 2-х мерного чертежа и 3-х мерной картины напряженного состояния.

Основные положения метода конечных элементов

Инженерный анализ проектов, обеспечение проектов в процессе разработки необходимыми расчетами требует от разработчиков высокой квалификации и подразумевает наличие у них специальных программных средств. На российском рынке имеются и конкурируют между собой несколько программных комплексов, разработанных как в нашей стране, так и за рубежом, предназначенных для выполнения расчетов методом конечных элементов (МКЭ). МКЭ, как наиболее универсальный метод, заслуженно получил широкое распространение, поскольку с его помощью решаются задачи практически любой сложности, при одновременной высокой степени автоматизации расчетов и анализа их результатов.

- Аналитический комплекс ANSYS в настоящее время является единственной программой, обладающей достаточной функциональной полнотой и содержащей в

Курсовой проект, Высокие технологии в машиностроении

своей среде все необходимые для работы расчетчика средства.

Типы анализа, выполняемые с помощью программы ANSYS:

1. Статический и динамический анализ конструкций с учетом геометрической и физической нелинейности, ползучести и пластичности. Анализ усталостных разрушений.
2. Задачи линейной и нелинейной устойчивости конструкций.
3. Контактные задачи (2-D и 3-D - штамповка). (ANSYS and/or LS-DYNA3D)
4. Решение стационарных и нестационарных задач теплофизики с учетом фазового перехода.
5. Задачи гидравлики и гидродинамики, ламинарное и турбулентное течение сжимаемой и несжимаемой жидкости (с учетом вязкости). Задачи обтекания тел произвольной формы, дозвуковой и сверхзвуковой режимы. (FLOTTRAN)
6. Задачи акустики. (ANSYS and/or COMMET/ACOUSTIC)
7. Смешанные типы анализа (термо-механический, гидротепловой и т.д.)
8. Задачи оптимизации.
9. Задачи электромагнитных полей и электростатики, с учетом анизотропии материалов.
10. Задачи кинематики-определение параметров движения механизмов.
11. Расчет конструкций с использованием методов суперэлементов и субмоделирования.

4. ПОДГОТОВКА МОДЕЛИ К ПРОИЗВОДСТВУ МЕТОДАМИ RP

В процессе подготовки нужно решить следующие задачи:

- определить служебное назначение детали, (чем будет являться объект, прототипом или деталью);
- выбрать метод изготовления объекта;
- выбрать оборудование, материалы (приложение А);
- определить ориентацию детали на платформе устройства для обеспечения точности изготовления, минимальной стоимости или времени производства.

4.1 Оптимальная ориентация детали

При ориентации детали для производства методами RP необходимо учитывать следующие факторы:

- ограничения, накладываемые выбранной технологией;
- точность изготовления по координате Z обычно отличается от точности в плоскости XY;
- сложность последующей обработки, особенно лицевых поверхностей (удаление поддержек, удаление излишков материала и т.п.);
- возникновение эффекта лестницы на наклонных поверхностях;
- время и стоимость производства детали (деталей);

Критерием оптимизации может быть выбрано время производства изделия Т или стоимость изделия С.

Ограничениями при оптимизации будут являться характеристики конкретного оборудования. В общем виде задача оптимизации может быть представлена следующим образом.

Критерий оптимизации:

Стоимость производства:

$$C = T \cdot \Pi_{ам} + H \cdot L \cdot B \cdot \Pi_m \quad (4.1)$$

где Т - время на изготовления детали;

$\Pi_{ам}$ - амортизация;

Н, L, В - габариты камеры;

Π_m - удельная стоимость материала.

Время на изготовление детали:

$$T = S(z) \cdot V_{xy} \frac{H}{\sigma_{\max} \cdot \sin \alpha(z)} + T_{всп} \quad (4.2)$$

где $\sigma_{\max}$ - максимально допустимая погрешность поверхности;

α - угол наклона касательной к поверхности детали;

$S(z)$ - периметр сечения;

V_{xy} - скорость перемещения луча;

$T_{всп}$ - время на вспомогательные перемещения.

Толщина слоя:

$$t(z) = \sigma_{\max} \cdot \sin \alpha(z) \quad (4.3)$$

Ограничения:

$$t_{\min} \leq t \leq t_{\max}; \quad L_{\det}^{xy} \leq L; \quad B_{\det}^{xy} \leq B$$

Как видно из уравнений (1, 2) основными составляющими являются периметр детали и угол касательной к поверхности детали на уровне z .

4.2 Создание структур поддержки

Для нависающих объектов необходимо проектировать структуры для поддержки

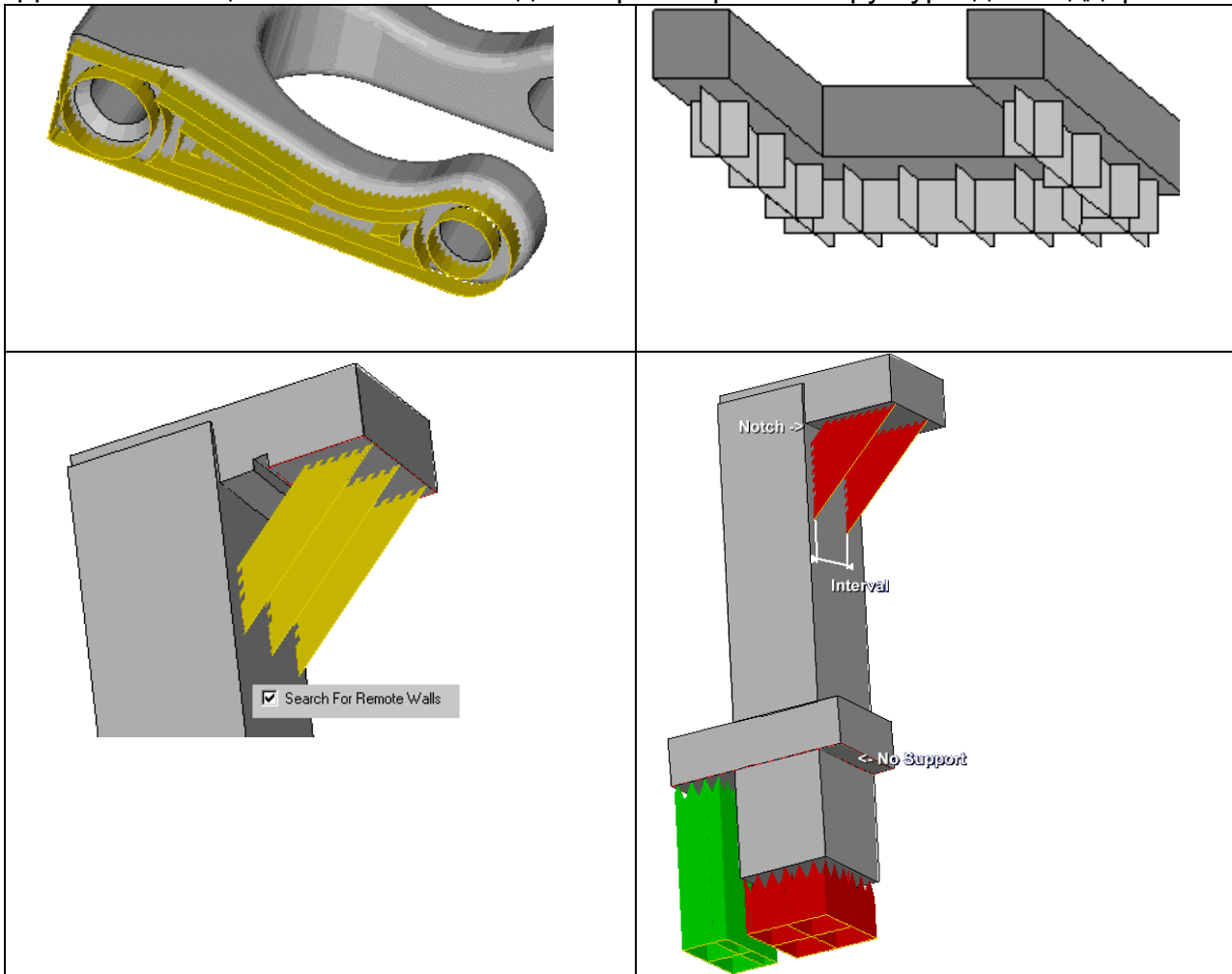


Рисунок 4.2 – Проектирование поддерживающих структур

Обычно при проектировании поддержек для стереолитографии руководствуются следующими правилами:

- нависание без поддержек не более 3 мм;
- мост длиной не более 12 мм;

Курсовой проект, Высокие технологии в машиностроении

- поднятие над платформой для компенсации случайных неровностей и во избежание повреждения детали при снятии - не менее 10 мм;
- базовая поверхность одной поддержки должна быть не менее 16 мм из-за наличия отверстий в платформе.

5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ШТАМПОВОЙ ОСНАСТКИ

- разработать матрицу и пуансон для изготовления детали;

Для создания матрицы и пуансона необходимо:

1. Определить на детали плоскость разъема матрицы и пуансона. Плоскость разъема выбираем из конструктивных соображений. Следует учитывать, что при износе матрицы и пуансона на плоскости разъема возможно появления облоя, требующего дополнительной финишной операции, поэтому при определении плоскости разъема следует учитывать возможность быстрого удаления облоя и наименьшего его влияния на качество деталей.

2. Определить уклоны на поверхностях штамповой оснастки, для возможности извлечения детали из матрицы (не менее 30 минут).

3. Определить габаритные и присоединительные размеры будущего штампа для установки в станок или приспособление. Это зависит от марки оборудования, на котором предполагается использование штампа.

Для создания матрицы в среде обычной CAD системы необходимо отобразить в выбранном габаритном контейнере (соответствующем размерам штампа) деталь и вычесть ее из объема предварительно сформированного контейнера.

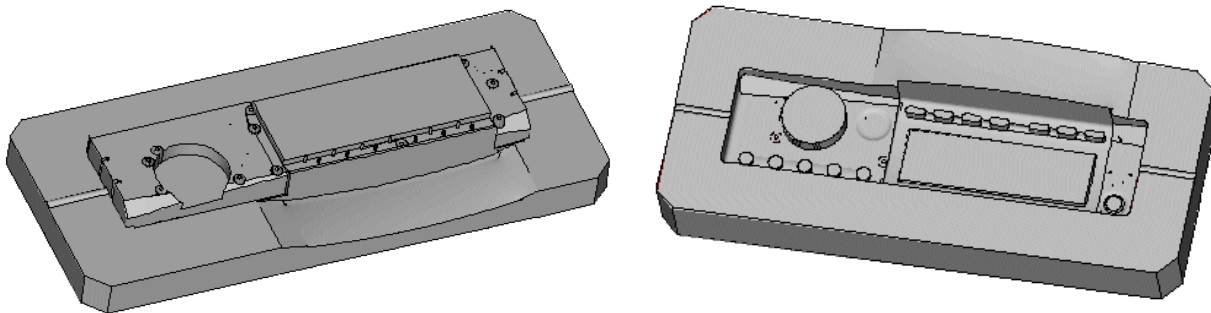


Рисунок 5.1 – Пример разработки штамповой оснастки

6. Технологии быстрого прототипирования (rapid prototyping)

Используемые способы получили условное обозначение, состоящие из начальных букв слов, составляющих название способов материализации (RP):

- | | |
|---|---|
| - SL (SLA) - Stereolithography | - способ стереолитографии; |
| - SLS (LS) - Selectiv Laser Sintering | - избирательное лазерное спекание; |
| - LOM - Laminated Object Manufacturing | - изготовление слоистых объектов; |
| - SGC - Solid Ground Curing | - основное термическое воздействие; |
| - FDM - Fused Deposition Modeling | - моделирование оплавлением; |
| - BPM - Balhstic Particle Manufacturing | - изготовление с использованием баллистики; |
| - DLF - Directed Light Fabricatinn | - изготовление направленным светом; |
| - DSPC-Direct Shell Production Casting | - прямое блочное изготовление оболочки; |
| - MJS - Multiphase Jet Solidification | - многофазное отверждение струи; |
| - TDP - Three Dimensional Printing | - трехкоординатной глубокой печати. |

Способы можно группировать также по маркам применяемых материалов:

- Фотополимеры
- SLA, SGC;

- Термопласты
- Воск
- Бумага, фольга
- Керамика
- Металлы
- SLS, SL, FDM;
- SLS, SL, FDM;
- LOM;
- TDP;
- SLS, FDM, MJS.

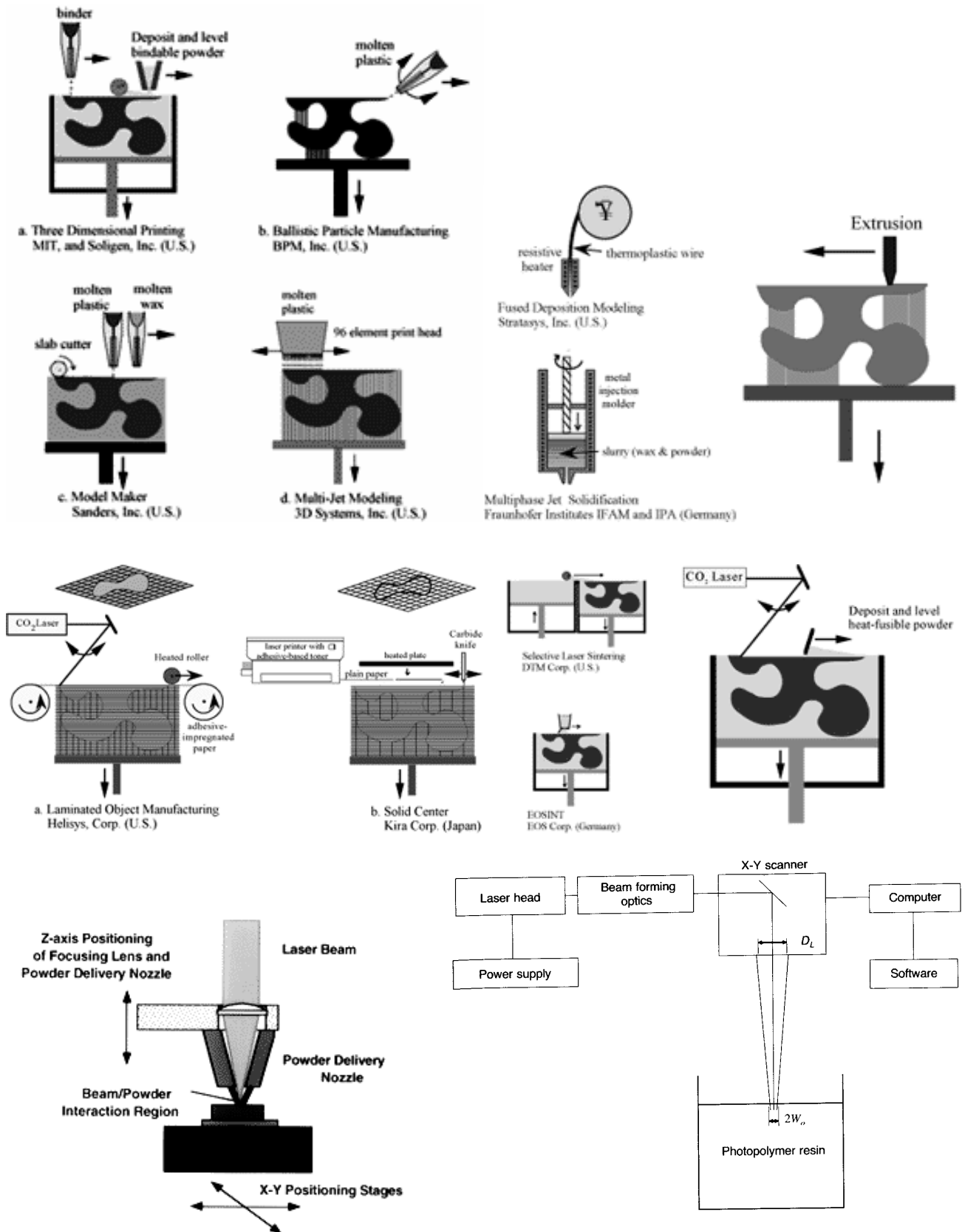


Figure 3-1. Elements of a stereolithographic system.

7. Технологии быстрого изготовления инструмента (rapid tooling)

Непрямой метод основан на получении оснастки с применением инструмента второго порядка. Обычно в качестве этого инструмента второго порядка выступает тот же самый прототип, полученный одним из методов быстрого прототипирования. С его помощью задают поверхность формообразующих частей оснастки. Наибольшее распространение получили:

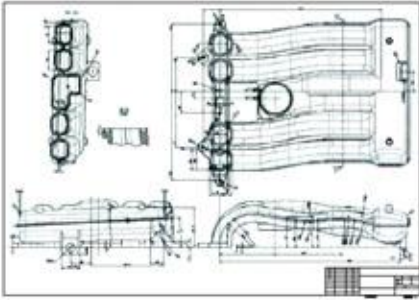
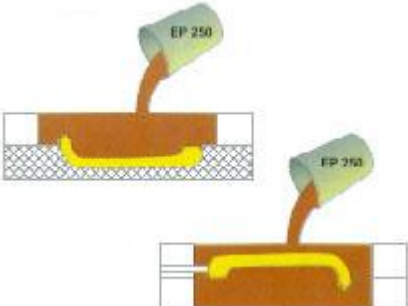
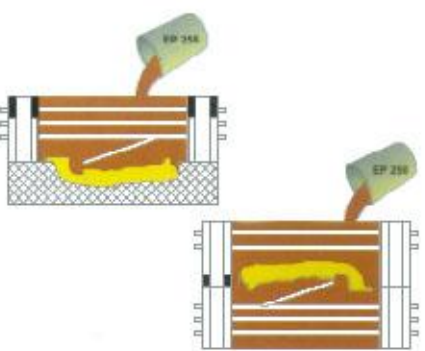
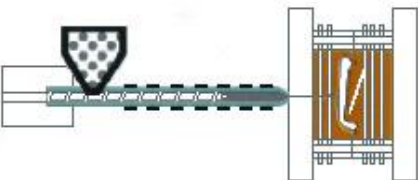
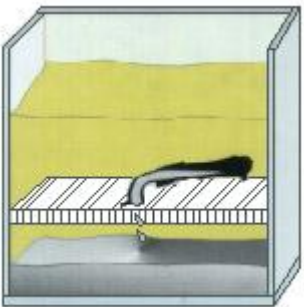
- *Эластичные (силиконовые) формы*, наилучшим образом подходящие для получения 20-50 отливок ("soft tooling"). Наиболее часто используется для копирования полиуретановых деталей и восковых заготовок.
- *Эпоксидные формы*. Имеют значительно более широкую номенклатуру применения: пресс-формы для литья под давлением, пресс-формы для литья по технологии RIM, формовочные модели и стержневые ящики для металлургии, восковые модели для литья по выплавляемым моделям, штампы для обработки давлением листовых материалов, оснастка для термо / вакуум формования и т.д.
- *Металлические формы*, полученные методом поверхностного нанесения (напыления, осаждения). Результатом является никелевый или цинковый формообразующий слой, укрепляемый впоследствии различными инженерными способами. Наибольшее распространение получил в изготовлении пресс-форм для литья под давлением, пресс-формы для литья по технологии RIM. Стойкость оснастки может достигать 10 000 съёмов.
- *Керамическая оснастка*. Вместо эпоксидных композиций для получения формообразующих частей может быть использован керамический состав. Применяется для различных технологий получения пластиковых/пластмассовых деталей, листовой штамповке металлов, а также литье металлов. Данная технология дополняет напыленную металлическую, где напыление/осаждение металлов технически трудновыполнимо.
- *Металлическая оснастка (литая)*. Это один из самых старых способов, подразумевающий получение формообразующих частей методом литья по выплавляемым моделям либо центробежным литьем. Сегодня практически любая RP технология позволяет получить инструмент второго порядка (технологические модели) для данного процесса. Разработаны специальные установки для литья по выплавляемым моделям в вакууме.
- *Выплавляемые металлические стержни*. Используются для оформления внутренних поверхностей полых деталей (коллекторов, воздухопроводов и т.д.) Это безусадочные безугарные сплавы, имеющие температуру плавления 90-150С. Благодаря своей теплоемкости и теплопроводности, вставки заложенные в пресс-форму для оформления внутренних полостей не теряют своей геометрии. После получения пластиковой детали, данные вставки выплавляются под действием продолжительного высокотемпературного воздействия. Материал пригоден для 100% повторного использования.
- *Процесс 3D KeltoolTM*. Технология данного процесса подразумевает использование силиконовой формы как промежуточного технологического этапа. Силиконовая форма заполняется смесью стальной пудры, карбида вольфрама и полимерной пудры со средним размером частиц 5 нанометров. Полимерная пудра выступает в качестве связующего вещества стальных частичек. В последующем, при помощи процесса инфильтрации, пластиковый связующий компонент заменяется на медный. Рекламные материалы информируют о возможности достижения стойкости оснастки в 1 000 000 циклов.

Прямой метод основан на получении формообразующих частей оснастки непосредственно из компьютерных математических моделей. Согласно зарубежной классификации принято разделять "прямые методы" на 2 группы:

- *"Firm tooling"*. Это менее дорогие и более короткие по времени процессы, используемые на этапах доработки продукции и подготовки производства, когда изменения объекта производства не влекут за собой значительных объемов инженерной переработки. Данная инструментальная оснастка обычно заполняет разрыв между "soft tooling" и "hard tooling" и применяется для получения от 50 до нескольких сотен отливок с использованием тех же материалов, что и в основном традиционном производстве. К ним относятся: Direct AIM (3D Systems), Copper PA Tooling (DTM), SandForm Tooling (DTM), Direct Cronning Process (EOS), Tooling in Polimer LOM, 3DP Ceramic Shells (MIT).
- *"Hard tooling"*. Методы получения формообразующих частей предпроизводственной и производственной инструментальной оснастки средней и большой серийности. Развиваемые в данный момент технологии "Hard Tooling" основаны на спекании порошкообразных металлов (сталь, чугун или медь) с последующей инфильтрацией медью или бронзой. К ним относятся: Keltool (3D Systems), RapidTool (DTM), EOSINT Metall (EOS), Three-Dimensional Printing of metal parts (Soligen).

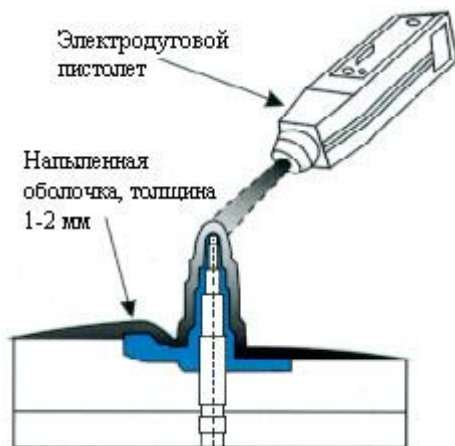
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС

Литье пластмассовых деталей со сложной внутренней поверхностью с применением выплавляемых стержней из легкоплавкого сплава

 1. Исходные данные представлены в виде чертежа	 2. Создать трехмерную математическую модель детали и стержня	 3. Спроектировать формы для литья деталей и выплавляемых стержней
 4. Изготовить модель детали и модель стержня на установке стереолитографии	 5. Изготовить по SLA модели форму из металлополимерной композиции для литья стержней из сплава	 6. Изготовить по SLA модели пресс-форму из EP-250 композиции для литья деталей
 7. Отлить стержни из сплава	 8. Установить отлитый из сплава стержень в металлополимерную пресс-форму. На установке литья под давлением произвести отливку детали из стеклонаполненного полиамида	 9. Выплавить внутренний стержень из детали в теплоносителе. Температура плавления сплава 137 градусов С
 Металлополимерная пресс-форма	 Готовая пластмассовая деталь	

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС

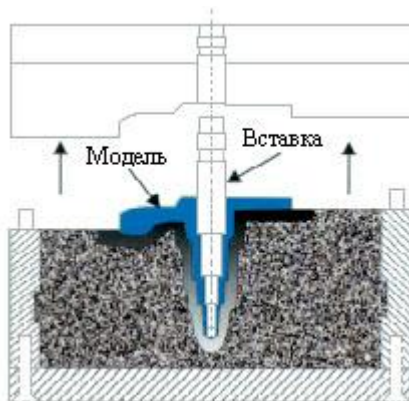
Изготовления литьевых форм методом электродугового напыления



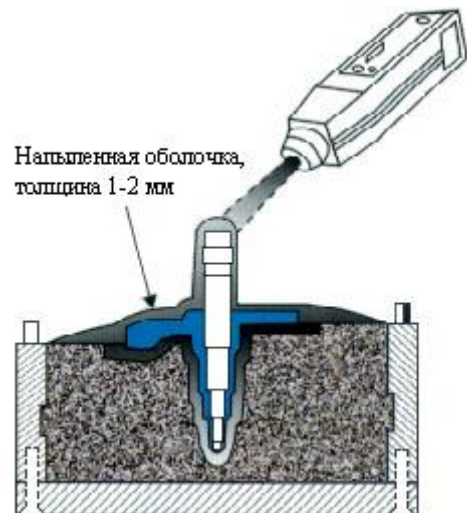
1. Подготовить модель из любого материала, например, дерева, гипса, воска, кожи или фотополтмера. Зафиксировать ее на подмодельной плите. Произвести напыление сплава



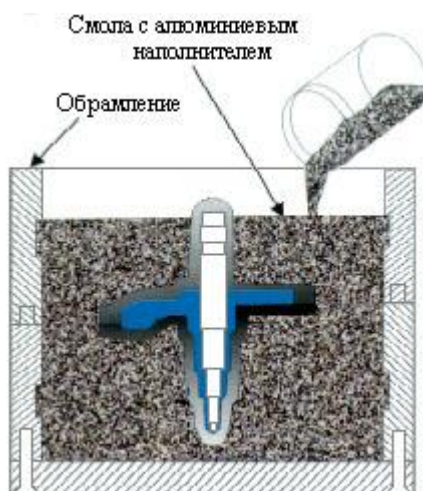
2. Установить обрамление. Залить полуформу эпоксидной смолой с алюминиевыми гранулами



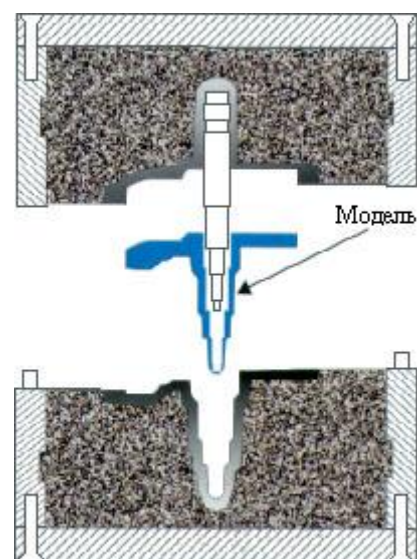
3. Убрать подмодельную плиту



4. Произвести напыление сплава



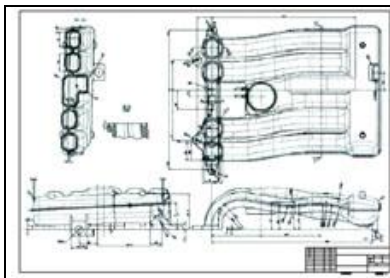
5. Установить обрамление. Залить полуформу эпоксидной смолой с алюминиевыми гранулами



Готовая форма

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС

Изготовление пластмассовых деталей литьем в эластичные силиконовые формы в вакууме



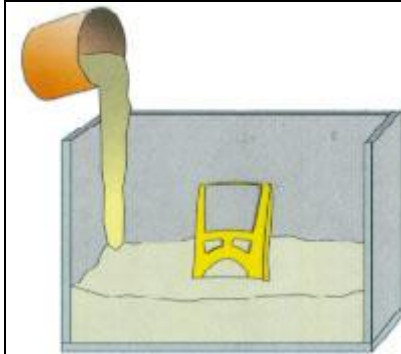
1. Исходные данные представлены в виде чертежа



2. Создать трехмерную математическую модель детали



3. Изготовить модель детали на установке стереолитографии



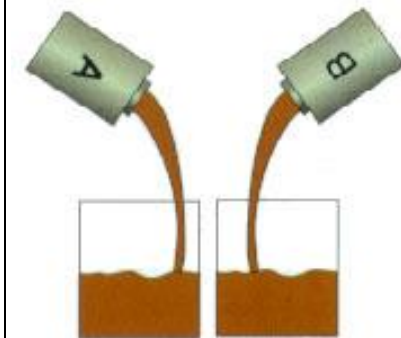
4. Поместить ее в обрамление и залить силиконом



5. Произвести дегазацию силикона на установке литья в вакууме



6. Удалить модель из силиконовой формы после надреза формы по поверхности разъема



7. Взвесить компоненты литевой смолы. Для получения цветных деталей добавить краситель

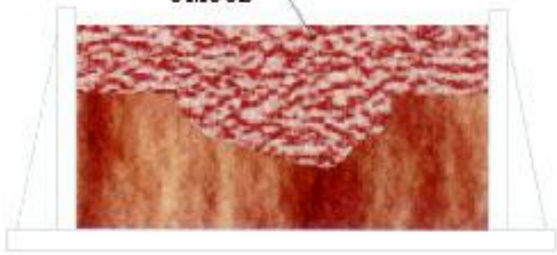
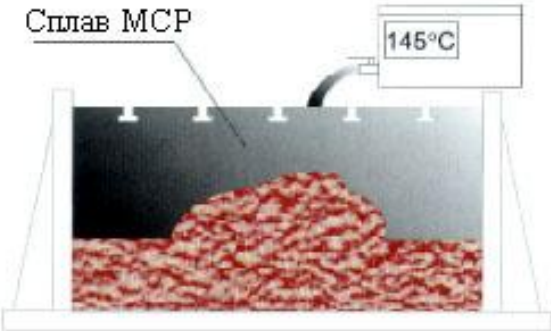
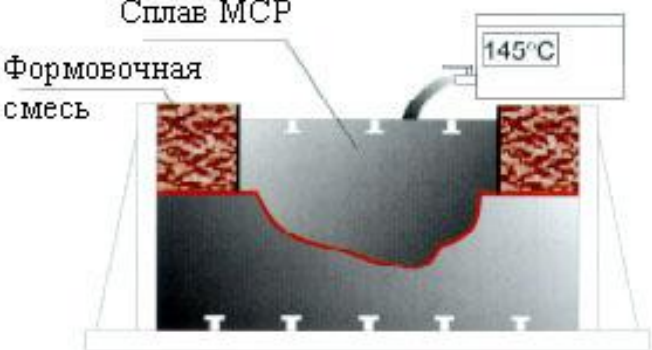
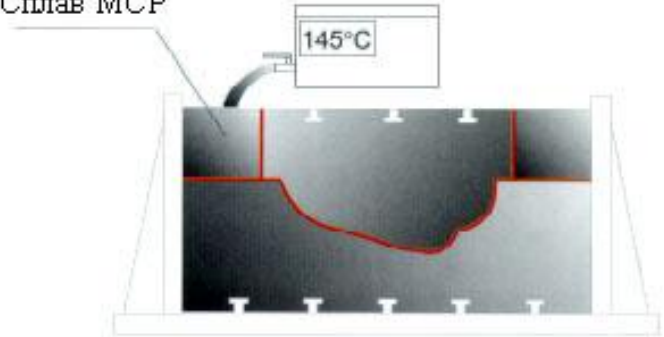
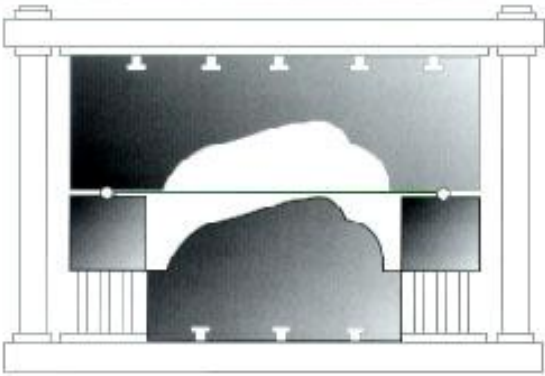
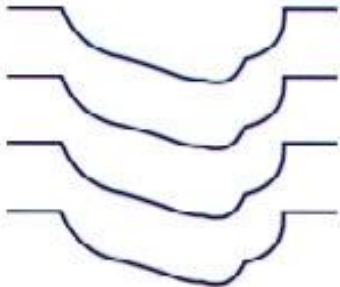


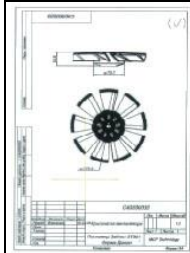
8. Компоненты литевой смолы смешиваются в вакуумной камере установки, управляемой компьютером, и заливаются в собранную силиконовую форму



9. После отверждения литевой смолы отливку извлечь из силиконовой формы. Обрезать литники и выпоры.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС **Изготовления литых штампов**

Модель  1. Подготовить модель из любого материала, например, дерева, модельного пенополиуретана, пенополистирола или стереолитографического фотополимера	Формовочная смесь  2. С помощью формовочной смеси изготовить термостойкую реплику по модели
Сплав МСР 145°C  3. Перевернуть реплику, извлечь модель и залить сплав в матрицу для увеличения износостойкости штампа	Листовой воск  4. Извлечь полученную отливку и нанести на нее восковой лист, толщина которого соответствует толщине штампуемого листового металла
Сплав МСР Формовочная смесь 145°C  5. Перед литьем пуансона установить металлическое обрамление вокруг полости и закрепить его с помощью формовочной смеси. Отлить пуансон	Сплав МСР 145°C  6. Извлечь обрамление и нанести на пуансон восковой лист. Отлить прижим листа
 Готовый литой штамп	 Готовые штамповые детали

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС**Изготовление пресс-форм из металлополимерной композиции**

1. Исходные данные представлены в виде чертежа



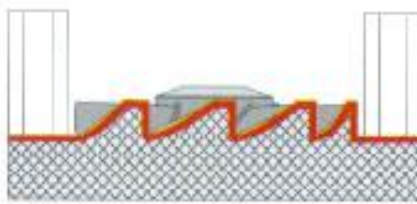
2. Создать трехмерную математическую модель детали



3. Спроектировать пресс-форму для литья детали



4. Изготовить модель детали на установке стереолитографии



5. Установить модель на подмодельную плиту. Сформировать поверхность разреза. Установить обрамление формы.



6. Взвесить компоненты металлополимерной композиции, смешать их и провести дегазацию в вакуумной камере



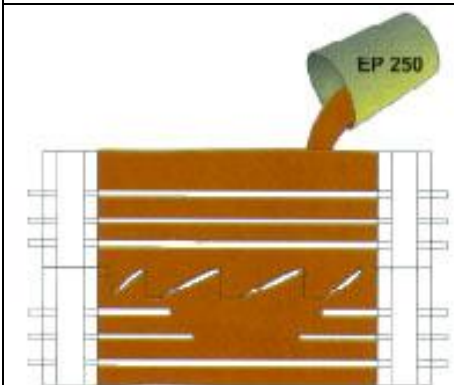
7. Залить металлополимерную композицию в обрамление формы



8. Провести дегазацию и отверждение металлополимерной композиции



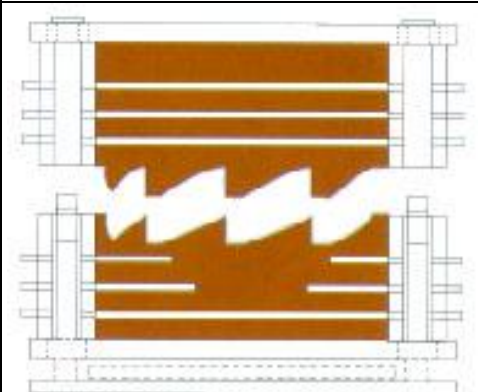
9. Взвесить компоненты металлополимерной композиции, смешать их и провести дегазацию в вакуумной камере



10. Перевернуть полуформу, удалить подмодельную плиту. Установить второе обрамление формы и залить в него металлополимерную композицию

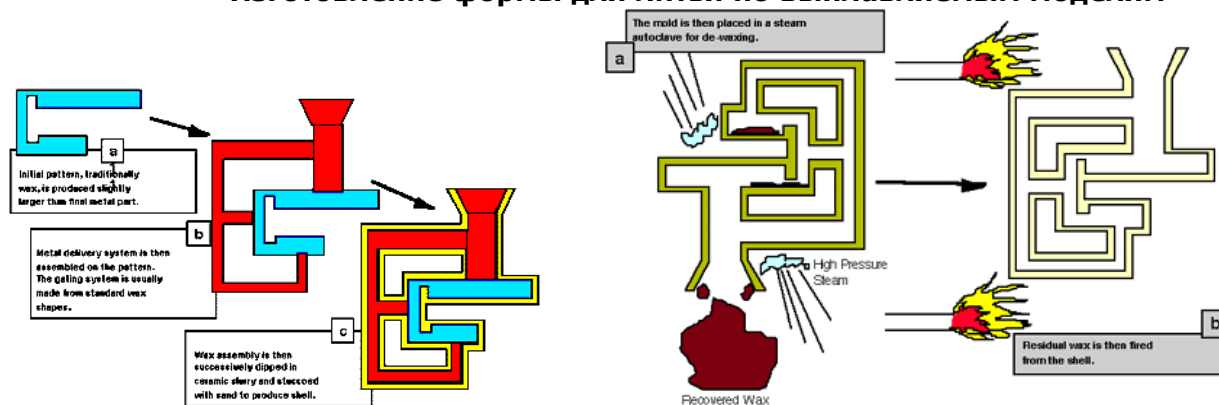


11. Провести повторную дегазацию и отверждение металлополимерной композиции. Разнять форму. Удалить модель. Провести термообработку формы

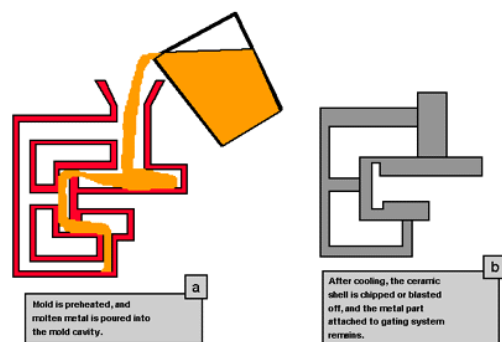


12. Готовая пресс-форма для литья под давлением на термопластавтомате

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС Изготовление формы для литья по выплавляемым моделям



а - изготовление прототипа, в- литниковой системы, с – создание оболочки



Получение отливки в керамическую форму