

Современные методы проектирования и изготовления литейной оснастки

Д.Х. Сабиров, А.А. Абрамов, Л.Ю. Денисов
(ООО «ФОКАД», г. Санкт-Петербург)

В настоящее время любое предприятие, пытающееся выжить в рыночных условиях, должно действовать по двум направлениям:

1. Повышать объем реализации своей продукции.
2. Снижать затраты на производство продукции.

Все это в полной мере, а возможно и в первую очередь относится и к производственным предприятиям, в том числе и машиностроительным. Литейное производство в подавляющем числе случаев является заготовительным производством, т.е. поставщиком заготовок для механических и сборочных производств. В крайне редких случаях литье является конечным продуктом, поступающим на рынок. Особенностью получения литых заготовок, в сравнении с другими стадиями обработки, является получение сложных поверхностей и сопряжений, поэтому литьем изготавливают детали, которые другими способами изготавливать или очень дорого, или вообще невозможно. В силу своей специфики подготовка производства в литье является наиболее длительным процессом. А в условиях мелкосерийного производства, кроме того, является фактором, значительно влияющим на конечную цену изделия. При этом наиболее трудоемкая и дорогостоящая часть подготовки - это разработка литейной технологии, проектирование и изготовление литейной оснастки.

В условиях мелкой серии, например 500 отливок для ЛВМ, что сейчас не редкость, стоимость оснастки будет сравнима со стоимостью собственно литья. Т.е. стоимость оснастки оказывает заметное влияние на конечную цену отливки. Кроме того, качество изготовления литейной оснастки определяет часто и качество литья, а значит и его стоимость. Хорошо сделанная оснастка снижает литейный брак, повышает производительность труда литейщиков, снижает затраты на механическую обработку. Для получения более сложных, а значит и более дорогих отливок требуется более сложная оснастка. Скорость изготовления оснастки очень часто определяет время выхода первых отливок и продолжительность изготовления всего заказа, что для литейных предприятий зачастую определяет возможность получения новых заказов. Т.о. скорость и качество проектирования и изготовления оснастки является одним из важнейших факторов влияющих в ту или иную сторону на экономику литейного предприятия.

В настоящее время практически все литейные производства России испытывает острую потребность в квалифицированных технологах и конструкторах литейной оснастки. Оставшиеся действующие технологи и конструкторы, как правило, могут быть отнесены к категории ветеранов, работающих по традиционным технологиям – кульман, бумага, карандаш, методы проб и ошибок при разработке новой технологии и освоении отливки. Такие методы разработки литейной технологии основаны на собственном многолетнем производственном опыте. Для изготовления оснастки в этом случае необходим выпуск комплекта бумажных чертежей. Выпуск чертежей сопряжен с многочисленными согласованиями, поскольку, за литье, проектирование и изготовления оснастки отвечают, как правило, различные подразделения предприятия, а изготовление оснастки ведется на универсальном оборудовании, что сопровождается неизбежными ошибками, как на стадии проектирования, так и на стадии изготовления, так как на эти процессы сильно влияет человеческий фактор. Все эти негативные особенности многократно усиливаются для оснастки, имеющей сложные поверхности и состоящей из нескольких частей.

Традиционные способы проектирования и изготовления оснастки, в совокупности с устаревшим оборудованием большинства цехов, являются, кроме того, причиной низкой привлекательности литейного производства для молодых специалистов. При этом невосполнимо утрачивается многолетний опыт ветеранов производства.

Однако, в настоящее время в связи с бурным развитием информационных технологий, вычислительной техники и станков с числовым программным управлением (ЧПУ) появилась возможность использовать совсем другие подходы на этапе подготовки производства. Вернее сказать появилась возможность существенно расширить область применения такого подхода. Возможность строить трехмерные компьютерные модели отливок и оснастки, по ним проводить расчеты и обрабатывать детали появилась достаточно давно. Однако, лишь в последнее время абсолютно все стадии процесса стали доступны широкому пользователю. Появились доступные по цене программы объемного трехмерного моделирования, производительные компьютеры, станки с ЧПУ. На предприятиях стоит задача объединить все эти стадии в единую технологическую цепочку, использующую единое информационное пространство.

В настоящей статье приводится пример современного подхода к начальному и самому важному этапу освоения производства отливок – разработке литейной технологии, проектированию и изготовлению литейной оснастки.

В общем виде такой подход предусматривает следующие этапы:

- получение от заказчика чертежа детали или отливки;
- разработка литейной технологии, разработка и построение в CAD-системе объемной модели отливки и согласование с заказчиком электронного или бумажного чертежа отливки;
- при необходимости анализ и оптимизация литейной технологии с помощью системы компьютерного моделирования литейных процессов «Полигон»;
- конструирование и проектирование литейной оснастки в CAD – системе;
- обработка формообразующих поверхностей оснастки на станках с ЧПУ;
- изготовление простых элементов оснастки на универсальном оборудовании;
- сборка оснастки.

Такой подход может работать при изготовлении оснастки для любого способа литья: в кокиль, литье по выплавляемым моделям, в землю, под давлением и т.д. На некоторых заказах отдельные стадии процесса могут выпадать. Например, если от заказчика приходит уже объемная модель отливки или даже готовый проект пресс-формы. Но в целом технологическая цепочка остается.

Рассмотрим более подробно все этапы разработки и изготовления литейной оснастки на примере отливки «Niederhalter 30мм». Отливка из алюминиевого сплава, изготавливается литьем по выплавляемым моделям. Основанием для начала работ служит чертеж детали, полученный от Заказчика. Деталь довольно сложная, имеет много уклонов, неплоских поверхностей, скруглений и переходов. На основании чертежа детали в системе объемного моделирования была построена модель детали. Уже на этапе построения объемной модели было выявлено несколько ошибок и неточностей в чертеже. После консультаций с Заказчиком ошибки были устранены.

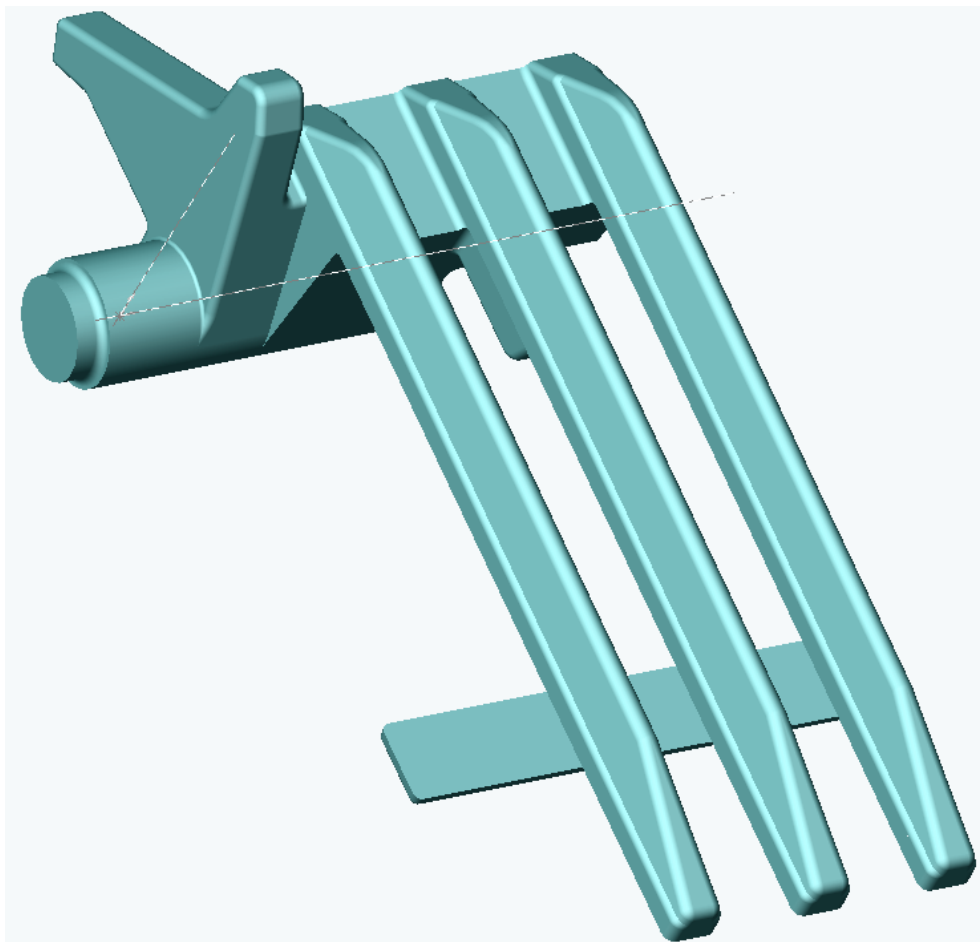


Рис.1 Объемная модель отливки.

Следующий этап это преобразование детали в отливку и построение объемной модели отливки (Рис.1). Для этого необходимо предварительно разработать базовый вариант литейной технологии и общую компоновку пресс-формы, при необходимости провести компьютерное моделирование литейной технологии. После этих проработок к детали необходимо добавить припуски на механическую обработку, уклоны и питатели.

Используемая для проектирования CAD-система - параметрическая, т.е. она позволяет редактировать размеры в конструируемой детали на любом этапе работы. Благодаря этой возможности изменение размеров, добавление к детали припусков, уклонов, каких либо конструктивных элементов, питателей не вызывает трудностей. Конкретно для этой отливки были добавлены несколько уклонов и питатель.

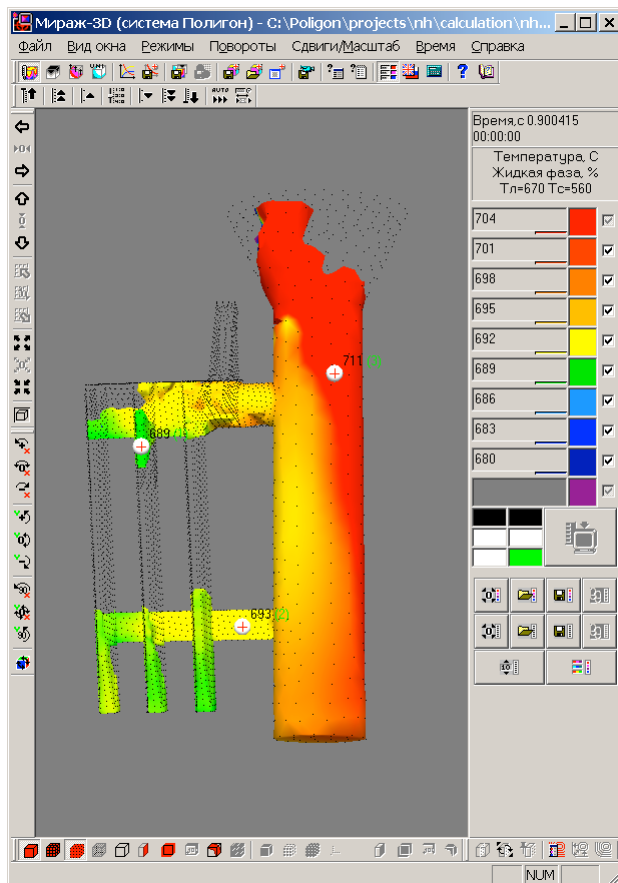
После получения объемной модели отливки выпускается чертеж отливки (Рис.2). Чертеж имеет ассоциативные связи с объемной моделью. Это означает, что при любом изменении объемной модели автоматически изменяются необходимые виды на чертеже. Это свойство CAD системы значительно сокращает трудозатраты конструктора на выпуск чертежа. А в случае изменения объемной модели выпуск нового варианта чертежа не требует трудозатрат, т.к. чертеж будет перестроен автоматически.

Готовый чертеж отливки отправляется заказчику на согласование. Этот момент является достаточно важным в отношениях с заказчиком, т.к. приемка заказа будет проходить по согласованному чертежу. Поскольку чертеж является точным отражением объемной модели, а будущая пресс-форма тоже будет точно соответствовать объемной модели, подписывая чертеж, заказчик тем самым уже в основном принимает компоновку будущей пресс-формы. Эта практика себя оправдывает и у нас практически не бывает трений с заказчиками по поводу каких-либо размеров или конфигурации отливки. Все эти вопросы решены еще до проектирования самой пресс-формы.

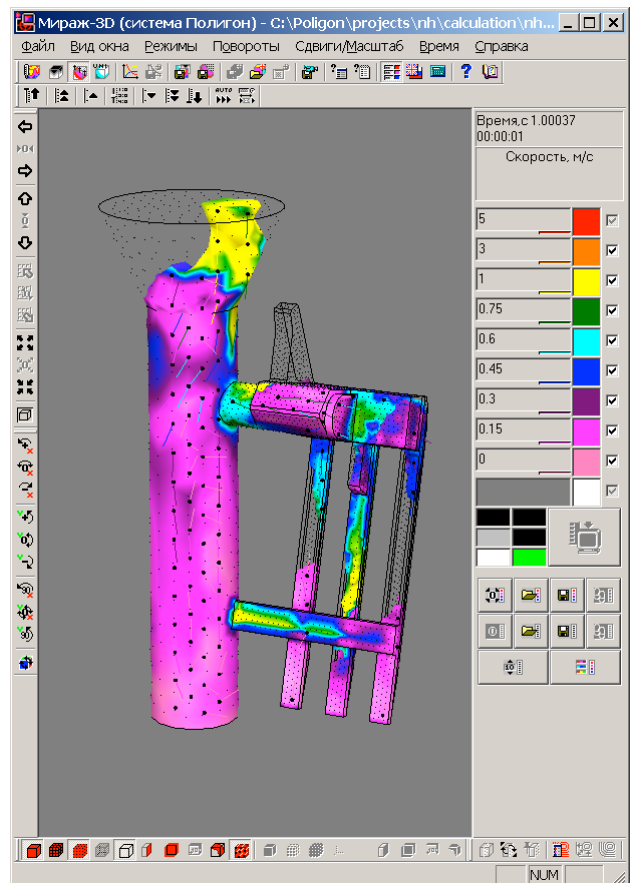
В данном проекте при согласовании заказчик потребовал добавить к отливке технологическую перемычку между зубьями для предотвращения коробления восковой модели и отливки. Хочется обратить внимание на такой факт как возможность

На этапе согласования было проведено компьютерное моделирование предполагаемой литейной технологии. Моделирование проводилось с помощью системы компьютерного моделирования литейных процессов ПОЛИГОН, широко известной в России. Моделирование выполнено для нескольких вариантов технологии. Расчеты проводились на предмет устойчивости технологии к различным отклонениям от заданных технологических параметров. Проводилось моделирование гидродинамических, тепловых и усадочных процессов, происходящих в отливке.

Анализ результатов гидродинамического расчета (Рис. 3) показал, что заполнение корки идет нормально, без образования застойных зон и зон с повышенными скоростями. Анализ результатов теплового расчета (Рис.4) показал, что питание отливки от стояка достаточное и тепловые узлы со временем уходят в стояк. Т.о. размеры питателей и их расположение обеспечивает достаточное питание отливки. Это показал и усадочный расчет (Рис.5). На рисунке видно, что в отливке отсутствуют зоны с пористостью выше 3%. Это обеспечивает необходимый уровень механических свойств для этой отливки и значит можно принять разработанную литейную технологию верной. Время на моделирование литейной технологии составило 3 дня.



а



б

Рис.3. Несколько моментов заливки. Показаны температуры (а) и скорости (б) во время заливки.

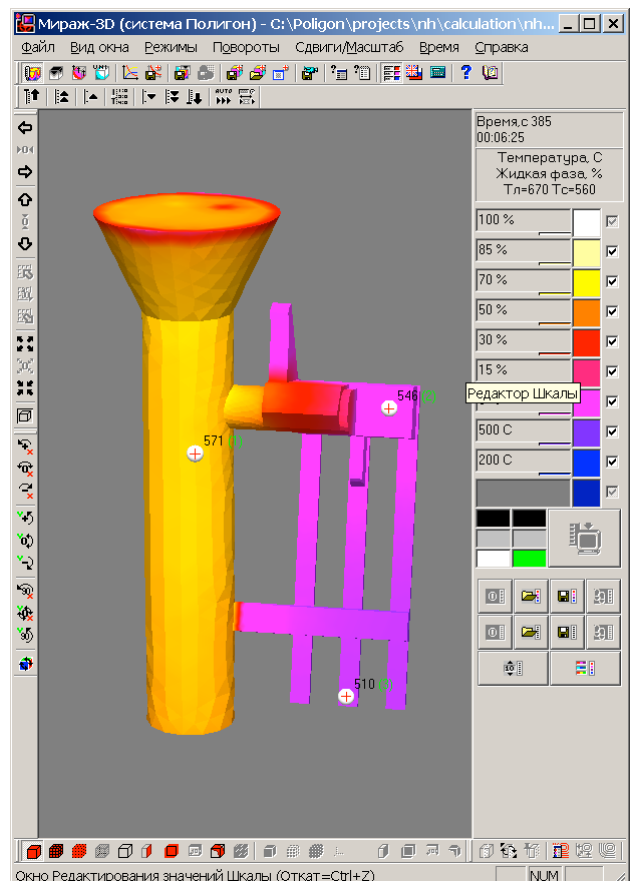
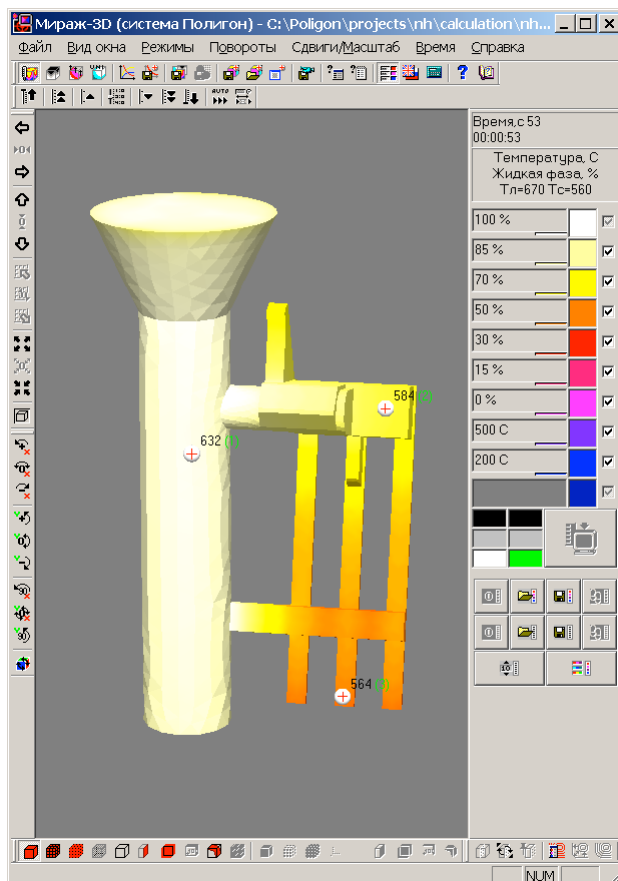


Рис.4. Затвердевание на 53 и 385 секунде.

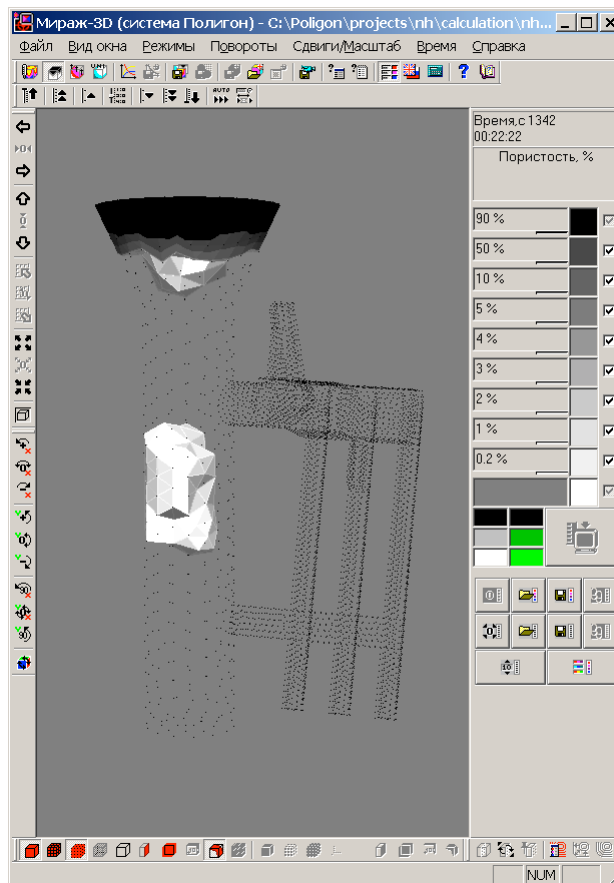


Рис.5. Результат усадочного расчета.
Показаны только зоны с пористостью выше 3 %

После согласования чертежа отливки было проведено проектирование собственно пресс-формы. Наибольшую трудность при этом вызвало проектирование линии разъема. Т.к. отливка имеет довольно сложную конфигурацию, разъем получился криволинейным. В общем пресс-форма состоит из 2 полуматриц и одной вкладной части. Вкладная часть необходима для формирования бобышки сбоку отливки, не лежащей в плоскости разъема. Для облегчения изготовления было принято решение нижнюю полуматрицу изготовить из 2 частей и свинтить их болтами. Все эти изменения были отражены в проекте. Формообразующие поверхности в полуматрицах получаются автоматически путем проведения операции вычитания отливки из виртуальной заготовки полуматрицы (Рис. 6,7). При этом необходимо учесть суммарную усадку отливки, восковой модели и керамической формы. После получения конфигурации полуматриц производится их виртуальная сборка и проверка формы на вынимаемость восковой модели. Современные CAD системы позволяют это все легко проводить. Затем в проект добавляются необходимые крепежные и фиксирующие элементы, толкатели и пр. Время на проектирование пресс-формы 2 дня.

Последний этап это изготовление и опытная запрессовка отливок. На этапе изготовления по готовым объемным моделям всех формообразующих частей были составлены необходимые программы для станков с ЧПУ и проведена необходимая механическая обработка всех частей пресс-формы. После этого проведена сборка пресс-формы и опытная запрессовка восковок. Необходимо отметить, что после обработки деталей на станках с ЧПУ требуется очень мало или практически не требуется слесарные работы по доводке поверхностей. Качество формообразующих поверхностей оснастки «из-под фрезы» достаточное для требований ЛВМ. Общее время потраченное на изготовление составило 4 дня. При этом время работы фрезерного станка с ЧПУ -18 нормо-часов. После опытных заливок заказчик производил обмер отливок на контрольно-измерительной машине. Результаты замеров показали, что точность литья, а значит и изготовленной оснастки перекрывают технические требования. Обычно, точность изготовления пресс-форм таких габаритов 0.1 мм.

Таким образом, общее время потраченное на проектирование и изготовление этой довольно сложной пресс-формы составило 14 человеко-дней и 18 нормо-часов работы оборудования. При этом значительная часть времени ушла на процессы согласования чертежей отливки. Из этого примера видно, что предложенная технология изготовления оснастки вполне может конкурировать с традиционными методами изготовления оснастки и имеет неоспоримые преимущества.

1. Стоимость. Исходя из представленных данных трудоемкости легко представить себе стоимость оснастки. При этом надо учесть что накладные расходы в маленькой фирме составляют 20-30%. Эта стоимость сопоставима, а для сложных отливок ниже чем для традиционной технологии.
2. Скорость изготовления. По сути любая оснастка средней сложности изготавливается за 2-3 недели в обычном рабочем режиме.
3. Качество оснастки. Практически всегда детали полуматриц изготавливаются из единой заготовки, а не собираются из нескольких частей как при традиционной технологии. Отсюда возрастает точность изготовления оснастки. Кроме того современные станки с ЧПУ имеют очень высокую точность – 0.005-0.01 мм. И в довершение всего компьютерное проектирование оснастки и моделирование литейной технологии позволяют избежать многих ошибок, характерных для традиционной технологии.

Все эти преимущества наиболее отчетливо проявляются с увеличением сложности изготавливаемой пресс-формы. Об этом свидетельствует наш опыт изготовления в течение года более чем 100 пресс-форм для ЛВМ. При этом хочется отметить такой факт, что практически все фирмы заказавшие у нас пресс-формы остаются нашими постоянными клиентами.

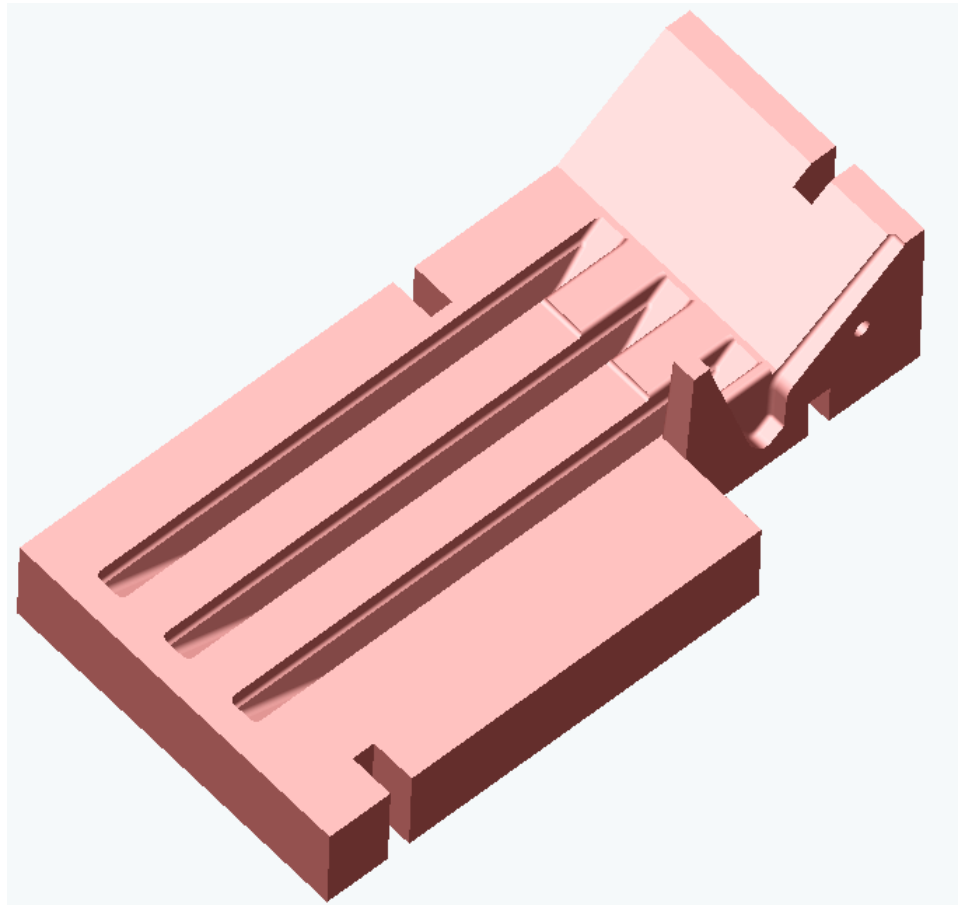


Рис.6. Верхняя полуматрица

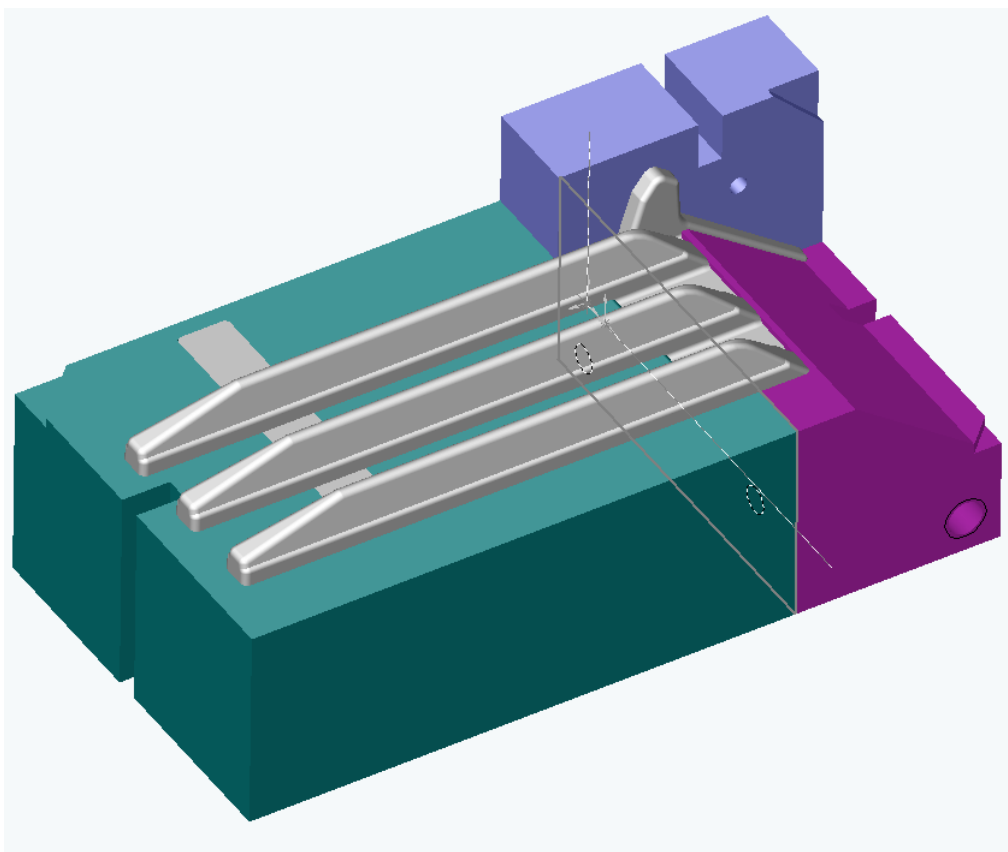


Рис.7. Нижняя полуматрица, вкладная часть и отливка



Рис.8. Готовая пресс-форма и восковые модели.