



The general algorithmic diagram of systematization of the existing approaches to the process of projection is offered and the foundation of computer system of the chill mold arming construction is laid.

А. Н. ЧИЧКО, Т. В. МАТЮШИНЕЦ, БНТУ, Л. В. МАРКОВ, ОАО «ММЗ»

УДК 669.27:519

## ОБЩАЯ АЛГОРИТМИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОКИЛЬНОЙ ОСНАСТКИ

Проектирование технологической оснастки является одной из основных задач в литейном производстве. Анализ литературных данных [1] по процессу проектирования кокильной оснастки показал, что существующие методики конструирования имеют определенную разрозненность и далеко не всегда связаны единой логической базой. При использовании систем автоматизированного проектирования очень важно использование логической базы, благодаря которой снижаются сроки проектирования и повышается эффективность конструкторских работ. Разработка кокильной оснастки как объекта проектирования имеет свои специфические черты, связанные с методом получения отливок. Поэтому перенос известных методик проектирования различных технических объектов может проводиться с определенной натяжкой. В связи с этим представляет научный и практический интерес разработка алгоритмических схем проектирования, которые могут составить основу разработки САПР кокильной оснастки.

Цель настоящей работы – разработка общей алгоритмической схемы проектирования кокильной оснастки.

На рисунке приведена общая алгоритмическая схема процесса проектирования кокильной оснастки, которая далее будет детализирована.

**Анализ технического задания на проектирование оснастки.** Технические требования, приведенные в задании на конструирование (исходные технические требования), определяются заказчиком исходя из условий эксплуатации детали. Исходные технические требования составляют лишь часть того материала, который должен учитываться конструктором при по-

следующей реализации задания. Поэтому до начала проектирования конструктор должен дополнить исходные технические требования задания новыми требованиями, выявленными им на основе самостоятельного анализа. Дополнение технических требований задания производится исходя из соображений производственного, технологического и экономического характера. Дополнительный перечень технических требований должен давать конструктору всестороннее и достаточно четкое представление о процессе функционирования



Общая алгоритмическая схема процесса проектирования кокильной оснастки

ния готовой оснастки в реальных условиях эксплуатации.

Анализ чертежа детали, для изготовления которой проектируется оснастка, — это первое звено в цепи «обратных воздействий» на исходные данные задания. Чертеж детали анализируется, оценивается и корректируется конструктором прежде всего с точки зрения возможности изготовления данной детали методом литья в кокиль. Далее при изучении предложенной детали конструктор должен, проанализировав ее с точки зрения технологичности, преобразовать чертеж детали в чертеж будущей отливки. Определяется положение отливки в проектируемой оснастке, назначаются припуски на механическую обработку, рассчитывается величина линейной усадки.

**Разработка технических требований к проектируемой оснастке.** По мере раскрытия и изучения взаимосвязей вся информация, необходимая конструктору для последующей работы, должна фиксироваться. Этот материал служит для отработки дополнительных технических требований, дополняющих исходный перечень технических требований задания. После доработки технических требований конструктор получает в свое распоряжение техническое описание оснастки, изложенное с той степенью технической строгости, которая определяется четкостью выводов, сделанных из рассмотрения взаимосвязей. В перечне требований даются уже не сами связи, а технические характеристики и параметры проектируемой оснастки, отражающие условия эксплуатации.

Можно сделать следующие замечания относительно характера требований и формы их изложения.

1. Каждое из требований должно допускать логическую возможность рассматривать его в значительной степени независимо от других требований.

2. Перечень требований не должен быть чрезмерно большим. Каждое требование должно быть изложено предельно лаконично.

3. Каждое требование должно формулироваться так, чтобы не возникало необходимости в его переработке при последующей реализации в конструкции.

При изучении и уточнении технических требований конструктор должен потратить значительную часть времени на сбор данных производственного, технологического и экономического характера. Изучение возможности реализации технических требований начинается еще на первом этапе конструирования.

В плане выяснения возможности реализации заданных и уточненных требований конструктора в первую очередь интересует:

- 1) запланированный размер партии изделий;
- 2) номенклатура имеющихся на складе материалов;

3) наличие стандартных изделий;

4) экономические возможности изготовления.

Итак, к концу рассматриваемого этапа конструктору известны:

- чертеж отливки;
- дополненные и систематизированные технические требования;
- общее техническое направление конструирования.

**Разработка технических предложений. Предварительное конструирование отдельных формообразующих элементов.** Последовательный поиск конструктивных вариантов — это наиболее увлекательная стадия конструирования, имеющая ярко выраженный творческий характер начала процесса.

Область ближайшего поиска вариантов — это те или иные источники информации, хранящие и систематизирующие накопленный опыт конструирования кокильных оснасток. К той же области можно отнести специализированную техническую литературу. Пополнение запаса конструктивных вариантов должно составлять непрерывную заботу начинающего конструктора.

В качестве составных частей формообразующей поверхности кокиля, помимо самой отливки, можно выделить следующие элементы: тип литниковой системы; тип прибыли, тип и конструкцию стержня. Каждая группа элементов оказывает решающее влияние на конструкцию, стойкость, габариты и массу проектируемой оснастки.

Выбор литниковой системы является главным вопросом потому, что ею предопределяются конструкция и размер металлической формы. Она должна обеспечить плавное заполнение формы жидким металлом без ударов и завихрений; задержание шлаков и оксидов; правильное распределение температуры по высоте формы для создания направленности кристаллизации отливки; получение отливок без усадочных раковин и пористости. Например, для алюминиевых отливок в классической литературе приводится ряд типовых литниковых систем (верхний литник, верхний литник с кольцевым коллектором, прямой литник с наклоном, изогнутый литник с наклоном и т.д.), каждая из которых характерна для своей группы отливок и оказывает разное воздействие на габариты проектируемой оснастки.

Тип прибыли (открытые, закрытые отводные, легкоотделяемые и др.), тип (песчаный сырой и сухой, металлический, графитовый) и конструкция стержней также оказывают значительное влияние на компоновку формообразующей поверхности оснастки.

Так, сырые песчаные стержни имеют большую податливость, однако из-за малой прочности сырых стержней их устанавливают в форму на металлические подставки, что устраняет возможность разрушения стержня, но увеличивает габариты оснастки. Металлические стержни удаляются

из еще не застывшей отливки, поэтому конструкция их должна давать возможность быстрого удаления их из отливок до раскрытия формы.

**Разработка технического проекта. Варианты компоновки формообразующих элементов. Детальная и окончательная разработка технических предложений.** Рождающиеся в голове конструктора комбинации несут на себе печать его знаний, наблюдений, повседневного и профессионального опыта. Поэтому раньше всего возникают варианты, связанные с более привычными, чаще встречающимися конструктивными решениями. Конструктор испытывает на себе «пороговый эффект» каждый раз, когда следует отойти от привычных конструктивных вариантов и далеко не сразу замечает выгодные возможности, если это связано с нахождением, например, следующих решений:

- 1) с переходом от привычного плоскостного рассмотрения задачи к пространственному;
- 2) с выбором непривычно ориентированных плоскостей разреза поверхностей;
- 3) с изменением «естественной» последовательности операции технологического процесса изготовления или сборки оснастки.

Важно, чтобы профессиональный опыт конструктора пополнялся схемами оригинальных оснасток, нестандартными технологическими решениями, конструктивными элементами, которые созданы как противопоставление обычным. В основу компоновки формообразующих элементов положен процесс перебора сочетания подвариантов элементов. Каждый из вариантов компоновки строится на различных сочетаниях подвариантов конструкций формообразующих элементов. Здесь в значительной степени конструктор «мыслит вариантами». Взамен технических требований к рассматриваемому моменту уже реализованных конструктивно появляются связи между формообразующими элементами оснастки. Рационально обеспечить эти связи, значит, отыскать наилучшее сочетание подвариантов. На первых порах перебор вариантов обычно носит беспорядочный характер и лишь постепенно приобретает направленность.

По мере просмотра вариантов конструктору обычно удается отыскать закономерности, которые в состоянии играть роль первоначальных критериев оценки вариантов компоновки. Такие критерии могут быть пригодны лишь для данной оснастки, но могут носить и более общий характер. Реализация различных параметров осуществляется посредством неодинаковых «затрат» массы и габаритов проектируемой оснастки, различной степенью усложнения отдельных элементов и всей оснастки в целом, ценой появления больших или меньших технологических трудностей. В плотно компонованной оснастке почти любое локальное изменение массы и размеров отдельных формообразующих элементов распространяется на всю оснастку в целом. В этих условиях от степени полноты реали-

зации одного какого-либо требования могут зависеть как габариты и масса всей оснастки, так и прочие ее характеристики.

Знание цены конструктивной реализации основных технических параметров позволяет конструктору в ходе компоновки осуществлять рациональное их перераспределение. Критерий «цена конструктивной реализации» является одним из основных движущих факторов обратного воздействия на технические требования со стороны формирующейся конструкции.

**Разработка рабочего (окончательного) варианта компоновки кокильной оснастки.** Конструктор, отобрав на предыдущем этапе несколько, на его взгляд, оптимальных вариантов компоновок формообразующей поверхности оснастки, оценивает каждый из вариантов по следующим показателям:

- 1) по всем техническим требованиям задания;
- 2) по ряду заранее заложенных критериев (минимизация массы и габаритов, надежности, технологичности, экономичности).

Продлав эту работу, конструктор отбирает наиболее рациональный вариант компоновки, проверяет, что ничего существенного не упущено и выбранный вариант компоновки оснастки близок к оптимальному. Для выбранного варианта компоновки рассчитывается толщина стенки кокиля и производится предварительное построение наружной поверхности оснастки. Таким образом, к концу этапа конструктор имеет законченный костяк проектируемой оснастки.

В процессе реализации задания конструктор добивается соответствия конструкции техническим требованиям. Однако убедиться в том, что технические требования полностью реализованы, еще не значит добиться нужного соответствия. Конструкция может заключать в себе достаточно элементов для удовлетворения требованиям, но не все элементы могут быть для этой цели необходимы. Для выполнения условия «необходимого и достаточного» следует проверить конструкцию на «избыточность», т.е. попытаться найти и устранить все то, что является лишним. Все лишнее, не необходимое в конструкции, можно представить в виде «запасов» и подразделить на две группы: запасы по параметрам технических требований на оснастку (первая группа); запасы по параметрам самой конструкции, не связанные с техническими требованиями непосредственно, в первую очередь излишние запасы прочности и жесткости (вторая группа).

Запасы по любому параметру технических требований, реализованные в конструкции, свидетельствуют об отклонении создаваемого конструктивного варианта оснастки от иного, более рационального.

Запасы второй группы. Если в технических требованиях заданы крайние пределы величин технических характеристик оснастки, то уменьше-

ние реализованных в конструкции запасов первой группы во многих случаях может быть произведено без существенного снижения надежности оснастки или ее элементов. С запасами второй группы в этом отношении дело обстоит сложнее, поскольку надежность всегда как-то зависит от запасов на прочность и жесткость.

После построения формообразующих поверхностей конструктор получает возможность сосредоточить усилия на конкретной разработке отдельных частей оснастки. При конструктивной проработке отдельных элементов не только проверяется правильность допущений, принятых на предыдущих стадиях проектирования, но и устраняются некоторые неточности компоновки. Возможны возврат к предыдущему этапу и переоценка рациональности выбранного варианта компоновки. К концу этого этапа каждая часть кокильной оснастки приобретает законченный вид. Оснастка дополняется элементами фиксации, крепления, центрирования, вентиляции полости формы и механизмом выталкивания отливок.

По мере уточнения конфигурации элементов оснастки возрастают возможности оценки надежности ее функционирования расчетным путем. Это делает проблему учета воздействий более определенной, но чрезмерно трудоемкой как из-за большого количества конструктивных элементов, так и разнообразия воздействий.

**Изготовление оснастки и ее наладка.** После разработки рабочих чертежей всех частей оснастки в зависимости от технических требований, предъявляемых к качеству поверхности и, главным образом, к точности отливок, выбирается способ изго-

товления формы (механическая обработка либо отливка). Изготовленные элементы оснастки собираются и производится наладка формы. На данном этапе устраняются ошибки, допущенные в конструкции кокильной оснастки, связанные непосредственно с центрированием, креплением и сопряжением отдельных элементов оснастки.

**Испытание оснастки в реальных условиях эксплуатации. Выявление недостатков компоновки.** На этапе испытания оснастки разработанная оснастка тестируется в реальных условиях эксплуатации. Проводится изготовление пробной партии отливок, которые тщательно проверяются на соответствие техническим требованиям. Также изучается влияние жидкого и кристаллизующегося металла или сплава на саму оснастку. Тщательно проверяется полость формы на наличие трещин, сетки разгара и других дефектов формы.

В случае отклонения качества отливок от технических требований либо при обнаружении неустраняемых ошибок компоновки, ведущих к снижению реальной надежности кокильной оснастки, производится возврат к пятому этапу процесса проектирования и переоценка рациональности выбранного варианта.

Таким образом, предложенная общая алгоритмическая схема позволяет систематизировать существующие подходы к процессу проектирования и заложить основы компьютерной системы конструирования кокильной оснастки.

#### Литература

1. Липницкий А.М. Литье в металлические формы. Л.: Машиностроение, 1980.