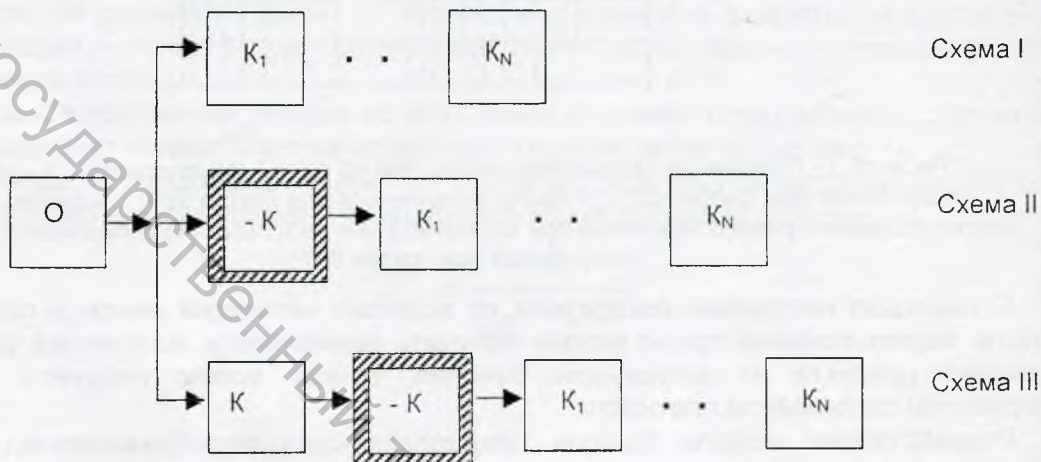


УДК 62-4

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФОРМОТИРАЖИРОВАНИЯ

Д.Н. Свирский

Процесс формообразования, включающий процедуры формотворчества и формокопирования [1], в промышленном производстве заканчивается формотиражированием в серийном выпуске продукции. В нотации работы [2] обобщенная технологическая схема процесса формотиражирования представляет собой чередование операций прямого и инверсного формокопирования и имеет следующий вид (рис. 1.)



О – оригинал (прототип); К – копия (модель, мастер-модель и т.п.); - К – формующая оснастка (штамп, форма и т.д.); K_1, \dots, K_N – экземпляры серийной продукции

Рисунок 1 - Принципиальные схемы формотиражирования

В качестве прототипа в формотиражировании используется модель: ментальная, компьютерная (электронная), иконическая или предметная (образец). При этом воплощение формы в материал, вернее в конечный материальный носитель – серийную продукцию, осуществляется с помощью всего арсенала физико-технологических эффектов XXI века: от традиционных видов литья и механической обработки до нанотехнологий молекулярного «выращивания» изделий. Вся совокупность возможных для производства продукции технологий образует конкурентное технологическое множество. Так как ресурсы любого производителя не безграничны, то из всех возможных технологий наибольший интерес представляют те, что позволяют при фиксированном объеме факторов производства получить максимальный выпуск продукции. Это «эффективные технологии», связанные с оптимумом в производстве. Как правило, они интенсивны, экстремальны и «расположены на границе технологического множества» [3]. Таким образом, суть концепции эффективной технологии формотиражирования составляет анализ соотношения результатов ее осуществления и затраченных для этого ресурсов [4, 5]. Известно, что зависимость между выпуском продукции и используемыми для этого ресурсами выражается производственной функцией [3]. Если совокупность эффективных технологий подчиняется условиям непрерывности и дифференцируемости, то она действительно может быть описана

соответствующими производственными функциями по схеме, приведенной на рис. 2.

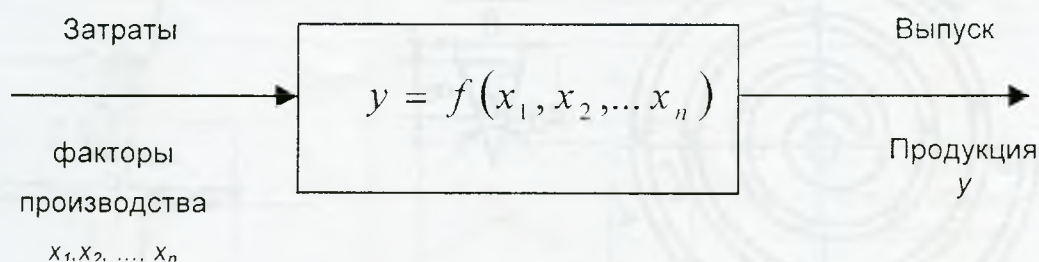


Рисунок 2 - К определению производственной функции

Применение дифференциального исчисления для сравнения эффективных технологий основано на фундаментальном положении о взаимозаменяемости факторов производства при (бесконечно) малых их изменениях. Однако в большинстве технологических процессов формотиражирования невозможно представить преобразование ресурсов в продукцию с помощью непрерывных и дифференцируемых функций, например, из-за того, что факторы производства могут применяться только в строго фиксированных пропорциях. В этом случае выбор эффективных технологий целесообразно осуществлять, используя математический аппарат теории множеств.

При структурной оптимизации наборов материалов и видов физико-технологического воздействия на них для эффективного формотиражирования доминирующим фактором следует признать конструкционный материал – физический носитель формы изготавливаемого изделия, прежде всего, потому что именно его свойства обеспечивают надежное и качественное выполнение изделием своего функционального назначения на протяжении всего срока эксплуатации. Исключение здесь, по-видимому, составляют только изделия, изготавливаемые из армированных композитов, когда состав, структура и сама конструкция изделия создаются *in situ*.

После выбора одного или нескольких конкурирующих типов конструкционного материала, его вид уточняется с позиции эффективной применимости доступных производителю технологий формотиражирования. Для этого можно использовать специфические показатели приспособленности того или иного материала к превращению в изделие той или иной группой технологических методов [6, 7]. Например, степень пригодности материала к формотиражированию литьем (см. рис. 1, схема 3) обусловлена его литейными свойствами: усадкой, склонностью к ликвациям и, прежде всего, жидкотекучестью – т.е. способностью материала заполнять и точно воспроизводить литейную форму, что особенно важно при производстве изделий сложной пространственной конфигурации. Жидкотекучесть определяют технологической пробой по длине пути, пройденного материалом до момента затвердевания в спиральном канале определенного поперечного сечения, заформованном в песчаной смеси (рис. 3).

Пригодность материала к формотиражированию обработкой давлением (см. рис. 1, схема 2) зависит от степени его природной пластичности, которая определяется, в основном, химическим составом и структурой. Кроме того, в самом процессе обработки давлением пластичность материала зависит от температуры нагрева, скорости и степени деформации, а также схем напряженного состояния и деформации.

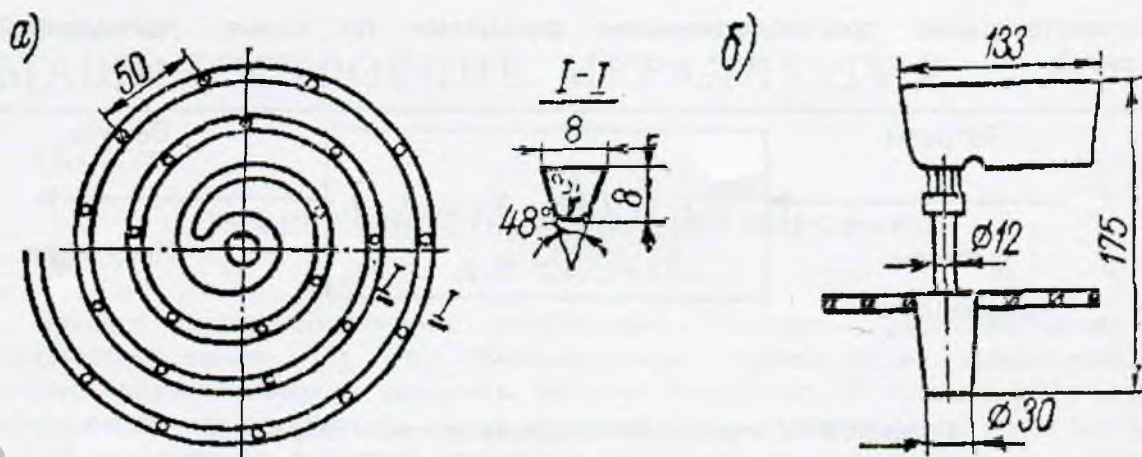


Рисунок 3 - Спираль для определения жидкотекучести:
а) канал, б) литниковая система

Выбор температурного режима обработки давлением осуществляют по диаграмме состояния. На рис. 4 штриховкой показ температурный интервал обработки давлением углеродистой стали. С увеличением температуры, как правило, пластичность увеличивается, а сопротивление деформации падает. Напряженное состояние деформируемого тела характеризуют девятью схемами главных (нормальных) напряжений и тремя схемами деформации. Наибольшую пластичность материал будет иметь при объемной схеме напряженного состояния, когда по трем осям действуют сжимающие напряжения, и при схеме деформации, когда растягивающие напряжения минимально возможные (табл. 1).

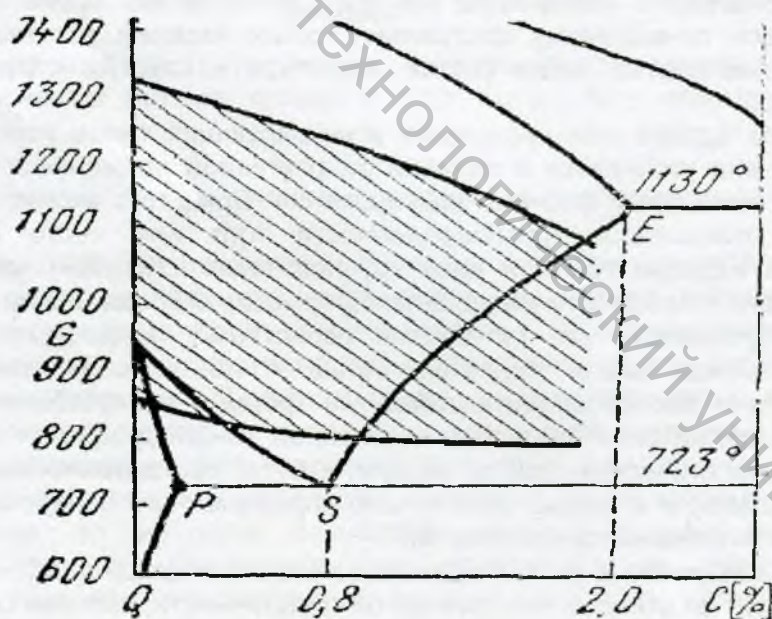
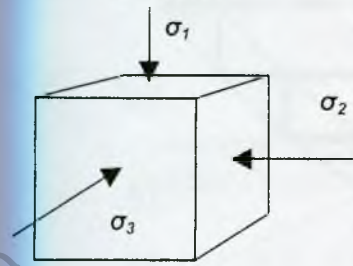
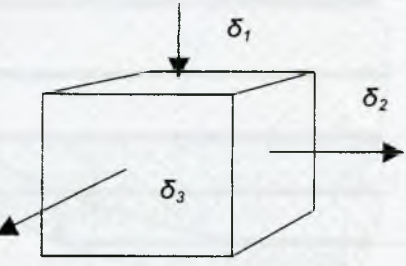
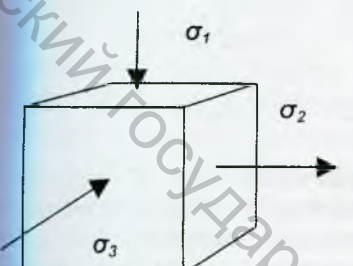
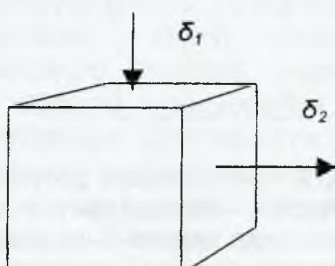


Рисунок 4 - Температурный интервал обработки давлением углеродистой стали

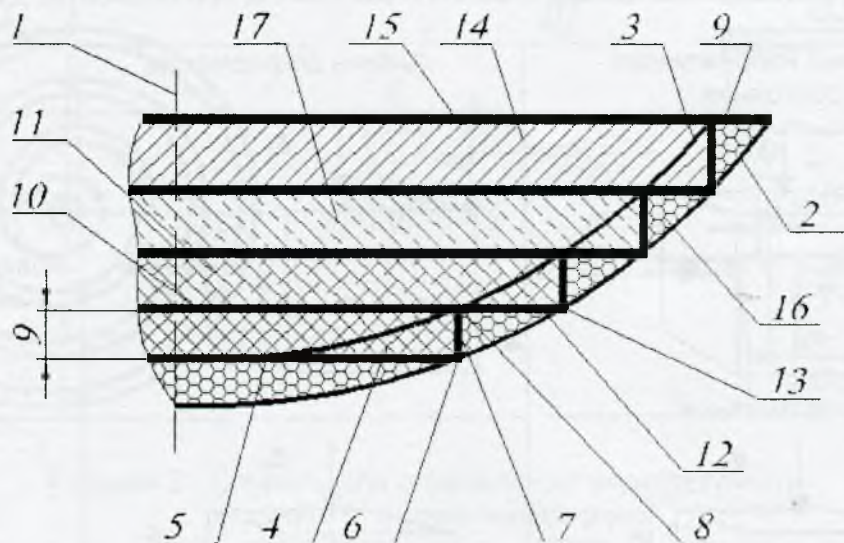
В настоящее время для большинства конструкционных материалов разработаны диаграммы зависимости пластичности от температуры, скорости и схемы деформации, что создает реальную предпосылку для компьютеризации процедуры выбора метода формотиражирования обработкой давлением.

Таблица 1. Возможные схемы состояния материала при обработке давлением

Схема напряженного состояния	Схема деформации	Метод обработки
		Свободная ковка, объемная штамповка
		Листовая штамповка

Большая группа методов формотражирования основана на процессах механической обработки материала со снятием стружки для придания изделиям заданной формы и качества поверхности (см. рис. 1, схема 1). Способность материала поддаваться такой обработке определяется «обрабатываемостью резанием». Она характеризуется коэффициентом, который выражает относительную скорость резания, соответствующую 60-минутной стойкости резцов, определенную сравнением с эталонной сталью 45 ($\sigma_B = 650$ МПа, $HV \leq 179$). Обрабатываемость резанием всецело зависит от химического состава и структуры материала. Например, с увеличением содержания углерода в стали или при переходе в результате термообработки от феррита к троостосорбиту интенсифицируется затупление режущего инструмента, но снижается шероховатость обработанной поверхности. Подобная тенденция улучшения качества поверхности при ухудшении обрабатываемости (в аспекте стойкости инструмента) имеет место при резании широкого спектра конструкционных материалов: от алюминиевых до титановых сплавов. Следует также отметить, что при выборе материала по критерию обрабатываемости резанием для деталей сложной формы необходимо дополнительно учитывать величину сил, затрачиваемых при обработке, т.к. это определяет степень деформации заготовки и инструмента, а значит и погрешность формы получаемого изделия.

В заключении следует отметить, что реализация наиболее производительных схем формотражирования методами «оттиска» (см. рис. 1) в современных условиях мелкосерийного производства предполагает оперативное изготовление дешевой формующей оснастки. Для этого может быть эффективно использована компактная технология лазерного раскроя с послойной сборкой изделий из композитов [8, 9]. В частности, изготовление инструмента для листовой штамповки с многослойными пуансоном и матрицей, состоящих из пластин, поперечные контуры которых соответствуют сечениям пустотелого изделия. Объемная форма штампа обеспечивается набором пластин, причем пластины выполнены из разных материалов различной толщины (рис. 5). Толщина исходных листов определяется перед выкраиванием, причем этот параметр рассчитывается, исходя из требуемой точности формы рабочей поверхности штамповой оснастки в каждом ее сечении. Последующая селективная сборка обеспечивает ступенчатость профиля рабочей поверхности, не выходящую за границы допуска.



1 – ось сборки слоев, 2 – наибольший допустимый профиль контура, 3 – наименьший допустимый профиль контура, 4 – первый лист, 5 – проекция нижней плоскости первого листа, 6 – точка реза, 7 – рез, 8 – точка пересечения реза с наименьшим профилем, 9 – толщина первого листа, 10 – проекция верхней плоскости первого листа, 11 – второй лист, 12 – проекция нижней плоскости второго листа, 13 – точка пересечения проекций верхней плоскости первого листа с наибольшим контуром, 14 – последний лист, 15 – проекция верхней плоскости последнего листа, совпадающая с верхней границей пуансона, 16 – шпаклевочный состав, 17 – средний лист.

Рисунок 5 - Устройство послойного пуансона

Список использованных источников

1. Свирский Д.Н. Феномен формообразования // Вестник ВГТУ, 2003, вып. 5, с. 63-67.
2. Свирский Д.Н. Прикладные аспекты формокопирования // Вестник ВГТУ, 2004, вып. 6, с. 55-59.
3. Введение в рыночную экономику. / Под ред. А.И. Лифшица. – М.: Высш. шк., 1994. – 447 с.
4. Леонтьев В. Анализ эффективности внедрения новой технологии // В мире науки, 1985, № 8, с. 5-15.
5. Новожилов В.В. Проблемы измерения затрат и результатов при оптимальном планировании. – М.: Экономика, 1972. – с.
6. Технология металлов. / Под ред. П.И.Полухина. – М.: Высш.шк., 1966. – 437с.
7. Технологичность конструкции изделия / Под ред. Ю.Д. Амирова. – М.: Машиностроение, 1990. – 768 с.
8. Свирский Д.Н., Кучинский С.П. Выбор материала и способа изготовления формующей оснастки для производства манекенов // Весці НАН Беларусі, Сер. фіз.-тэх. навук, 2000, №2, с.53-57.
9. Свирский Д.Н., Сухиненко Б.Н., Лебедев С.О. Проблемы эффективности листовой штамповки в ремонтном производстве и пути их решения // Теоретические и технологические основы упрочнения и восстановления изделий машиностроения». – Мн.: Технопринт, 2001. – 448-452 с.

SUMMARY

The paper deals with a problem of an efficiency of a circulation of the form creativity results in the conditions of the modern serial production of the competitive commodity. The special notice is given to a rational choice of a method of the form-circulation allowing the mutual fitness of both the determined construction material and the base physic-

technological effect for serial production. The direction of the form-circulation improving in the exclusive commodity small serials by applying of the high-productivity «reprint» technologies, which are operatively fitted with the cheap level-by-level moulding instrument is offered.

УДК 517:531.112

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ

А.В. Локтионов, А.В. Гусаков

Промышленные роботы классифицируются по следующим признакам: по основным координатным перемещениям, числу степеней подвижности, конструктивному исполнению, типу силового привода, характера выполняемых операций, степени специализации, области применения, грузоподъемности, мобильности и схемам расположения приводов. Для расчета перемещений центра схвата робота используются плоская прямоугольная, пространственная прямоугольная, плоская полярная, цилиндрическая, сферическая, ангулярная цилиндрическая и ангулярная сферическая системы координат (рис. 1) [1]. От выбора системы координат зависит расчет кинематических параметров роботов. Робот является звеном в технологическом процессе и должен выполнять свои функции абсолютно точно.

При этом траектория движения схвата и его скорость определяются технологическим процессом. На рис. 1 представлены схемы роботов работающих: по рис. 1 а в пространственной прямоугольной системе координат, по рис. 1б в цилиндрической системе координат, по рис. 1в в сферической системе координат и по рис. 1г в ангулярной (угловой) системе координат.

Существует различные методы расчета геометрических и кинематических параметров исполнительных механизмов роботов-манипуляторов. Расчет кинематических параметров исполнительного механизма в цилиндрической системе координат рассмотрен в работе [2]. Расчет кинематических параметров робота-манипулятора с теми степенями подвижности в сферической системе координат рассмотрен в работе [3]. Рассмотрим схему руки манипулятора промышленного робота фирмы ASEA работающего в ангулярной системой координат. К трехзвенному механизму добавлены (рис. 2): для привода звена 2 - простейший кулисный механизм, образованный звеньями 4,5 и 2; для привода звена 3 - цепь, состоящая из кулисного механизма (звенья 6,7 и 8) и шарнирного четырехзвенника (звенья 8,9,2 и 3). В рычажном механизме робота можно выделить кинематическую цепь руки (звенья 1,2 и 3) и кинематические цепи приводов. Манипуляторы, использующие принцип размещения приводов на основании имеют более сложные механизмы. Однако увеличение числа звеньев и кинематических пар компенсируется уменьшением масс и моментов инерции, подвижных звеньев манипулятора. Кроме того, замкнутые кинематические цепи (звенья 1, 5, 4, 2, 3, 9, 6, 7) повышают точность и жесткость механизма. Манипуляторы, использующие принципы комбинированного размещения приводов по рис. 2 (часть приводов на основании, часть на подвижных звеньях), обладают лучшими энергетическими и динамическими характеристиками, а также более высокой точностью.