

Мельничук П.П. Технологія обробки магнітних матеріалів: Навчально-довідниковий посібник для студентів спеціальностей 7.090202 «Технологія машинобудування» 7.090203 «Металорізальні верстати та системи».- Житомир:ЖДТУ, 2004.-484с.
5.Корчак С.Н. Производительность процесса шлифования стальных деталей. – М.: Машиностроение, 1974.-280с.

Сдано в редакцию 21.05.08

ГИБКАЯ МОДУЛЬНАЯ СБОРОЧНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Григорьева Н.С. (Луцкий национальный технический университет, г. Луцк, Украина)

Description of assembling technology which from traditional differs by the module and flexibility is expounded. Essence of such technology is that a technological assembling process is arranged from the separate well worked modules. The technological modules sneak up on the requirements of the automatic assembling and jointness Advantages of assembling technology consist in its universality, upgrading and competitiveness of assembling, and also reduction of time of development.

Постановка проблемы. Поскольку сборка изделий в разных отраслях промышленности занимает от 15 до 90% общей трудоемкости его изготовления, является последним наиболее сложным и ответственным этапом производства, формирует показатели качества, то структуризация технологических сборочных процессов (*ТСП*) весьма важна, как в плане повышения производительности, надежности, точности изделий, так и снижения технологической себестоимости, упрощения организации производства, технической подготовки и высвобождения рабочей силы.

Из анализа *ТСП* - сборочное оборудование - организация сборки следует, что: отмечается большая разница между сроком выпуска изделий и эксплуатации технологического оборудования, на котором оно собирается; *ТСП* в большинстве случаев не отвечают этой противоречивой ситуации, что усложняет сборочный процесс и увеличивает технологическую себестоимость сборки; организация сборочных работ не использует все возможности такого производства.

Так как сборочное оборудование серийно не выпускается, то каждое сборочное оборудование и оснащение является уникальным, предназначенным для конкретного или подобного изделия. Для выпуска нового изделия чаще всего возникает необходимость в использовании другого сборочного оборудования. При сборке часто используются типовые или групповые *ТСП*, которые даже в первом приближении не являются оптимальными. Их структуризация выполнена по схеме: операция – установка – позиция – переход, которая не может хоть как-то быть использованной при переходе на сборку другого типа изделия. Потребуется разработка новых *ТСП*. Организация и управление сборочными работами следует из имеющейся технологии и сборочного оборудования и при каждом изменении объекта сборки, особенно автоматической, необходимы новые технологии и оборудование, обеспечивающие с минимальными затратами требуемое качество изделий и производительность.

Анализ исследований. Из создавшегося положения есть два выхода: ручная сборка или переход на компьютерно-интегрированное производство *CIM* (*Computer Integrated*

Manufacturing). Если первый путь представляет движение назад, хотя в странах с высокой безработицей это вспять, то второй – может иметь различную реализацию. Так, сборочное оборудование может быть универсальным, специализированным или переналаживаемым, структурно состоящим из разных частей: специальных, агрегатных, агрегатно-модульных и модульных. Возможно также применение роботизированных комплексов или сборочных центров, которые, к сожалению, в настоящее время, как и другое сборочное оборудование, также серийно не выпускаются. В этом случае первое основное противоречие решается сравнительно просто, а именно, сборочная машина в каждом конкретном случае компонуется из отдельных агрегатов или модулей, выпуск которых может быть налажен быстрее, чем сборочного оборудования в целом. Поэтому в настоящее время наилучшим вариантом можно считать широкое применение модуль-ного принципа.

Изложение материала. Модульный принцип, под которым понимается модульная структуризация *ТСП*, автоматического оборудования и оснащения с использованием базовых модулей, обеспечивает новый положительный эффект. Он состоит в использовании преимуществ единичных сборочных процессов в плане учета особенностей конкретной сборки, типовых – сохранения типизации сборочных процессов и групповых – сборки технологически подобных узлов на одном оборудовании при обеспечении гибкости. Можно считать, что модульные технологии и конструкции являются дальнейшим развитием типовой и групповой технологии и сборочного оборудования.

Модульный принцип в машиностроении применялся достаточно давно, однако его теоретические разработки носят общий и фрагментный характер, а научные основы не разработаны. Первой такой работой, предназначенной в основном для механической обработки деталей, является монография *проф. Базрова Б.М.* [1]. По отношению к сборке такие работы отсутствуют. Опуская различные подходы и толкования основных понятий, под сборочным модулем можно понимать структурно законченную часть процесса или конструкции, отвечающую требованиям автономности, функциональности, связанности, стыкуемости, гибкости и избыточности. Одним из основных требований модульной технологии является соответствие технологических модулей конструкционным. Тогда, под модульным принципом можно понимать модульную структуризацию *ТСП* технологических сборочных процессов, автоматического оборудования и оснащения с использованием базовых модулей.

В плане автоматической сборки технологический модуль (*ТМ*) – это функционально законченная, связанная между собой совокупность основных и вспомогательных сборочных движений (действий), выполняемых согласно указанным режимам в заданной последовательности на одном рабочем месте, обладающих заложенными технологическими возможностями и характеризующихся автономностью, связанностью, стыкуемостью, гибкостью, избыточностью, постоянством применяемых сборочных инструментов и соединяемых поверхностей.

Схема взаимосвязей между модулями технологической системы [2] показывает, что в каждом технологическом модульном процессе, в котором каждый *ТМ* связан с предыдущим, последующим, модулями управления и конструкционным модулем (*КМ*), технологическими, конструкционными и программными параметрами. Причем, выходные параметры модуля должны отвечать входным последующего, а входные – выходным предыдущего, и их преобразование внутри модуля – некоторой функции $F(p_i)$. К примеру, согласование *ТМ* по точности или производительности предусматривает равенство сборочных погрешностей и количество собранных

объектов на выходе-входе модулей, обеспечивающих его нормальное функционирование.

В автоматической сборке целесообразно выделить 12 основных типов модулей [2], которые классифицируются дальше по принятым признакам. Элементарный *ТМ* выполняет одну или несколько простых функций. Укрупненные модули являются их комбинацией. Практический интерес представляет степень совмещения элементарных модулей. Можно говорить о концентрации или дифференциации сборочных функций (модулей), т.е. его формировании, но при этом их количественное выражение вряд ли удастся просто получить математически, как впрочем, и степени концентрации, уровня автоматизации и других важных понятий. Для решения этой практической задачи на первом этапе можно предложить следующий подход. Совмещение элементарных модулей в укрупненный (степень совмещение функций) необходимо проводить по конструкционному модулю (*КМ*), который отвечает технологическому. В первом приближении полагается, что при формировании структуры *КМ* имеется два типа ограничений: по надежности его работы и необходимыми на это затратами. Предполагается, что вероятность автоматической сборки задается функцией $P_j(m_j)$, а суммарные затраты $C_{\Sigma} = \sum c_i(m_i)$. Решение лежит в максимизации или оптимизации общей надежности при заданном ограничении [2]. В действительности задача усложняется. Во-первых, целесообразность концентрации той или иной степени определяется конструкцией конкретного сборочного узла и технологией его сборки, особенно автоматической. Во-вторых, перед предполагаемым усложнением конструкции модуля стараются подобрать более простой и надежный способ сборки, реализуемый упрощенной и более производительной конструкцией модуля с минимальными затратами. Поэтому автономный *КМ* должен охватывать выполнение большего числа сборочных функций на основе применения нового инновационного способа автоматической сборки. При этом, в *КМ* должна быть заложена возможность переналадки на возможно большее число собираемых объектов. С другой стороны, такой модуль должен обладать некоторой избыточностью сборочных возможностей, которая является необходимой для повторяемости использования модулей. Поэтому можно выделить четыре этапа в построении *ТМ*: технологический синтез, конструкционный синтез, структурно-функциональное построение *КМ* и формирование *ТМ*. На этих этапах объект синтеза рассматривается как некоторая система,

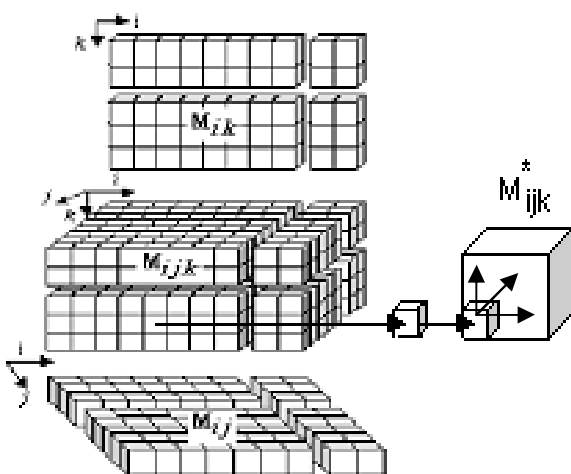


Рис. 1. Схема формирования объемной матрицы параметров сборочных модулей

определяемая множеством связей, отношений и ограничений на всех уровнях детализации. Для проведения структуризации модулей необходимо раскрытие его построения. А поскольку сборка, особенно автоматическая, связана с деталями, то перед сборочными *ТМ* должны рассматриваться модули деталей.

В работе [1] деталь представлена 26 модулями поверхности (*МП*), которые классифицируются, как модули базовых (14 наименований), рабочих (6) и связывающих (6) поверхностей, и модулями технологического обеспечения, т.е. технологического процесса, баз,

оборудования, инструментальной наладки, приспособления и контрольно-измерительных устройств. Признавая большое значение этой первой монографии, нельзя не отметить и некоторые недостатки. Во-первых, это общность *МП*, которая вызывает некоторое сомнение возможности полного описания детали, как сочетания различных поверхностей только 26 их разновидностями. Во-вторых, каждая поверхность требует детализации, например, по размерам, точности, свойствам и т.п. В-третьих, в общем, также представлена технологическая сторона, к примеру, не указаны связи между способом получения поверхности с требуемыми свойствами, а это основа технологии машиностроения.

Предлагается для полного описания *ТМ* деталей, сборочных единиц и организации сборочных данных в едином информационном пространстве использовать матричный аппарат [3], а именно, объемные матрицы (рис.1). Такая матрица записывается как

$$M_{ijk} = M_{ij} \wedge M_{ik} \wedge M_{jk} , \quad (2)$$

где M_{ij}, M_{ik}, M_{jk} - составляющие обычные матрицы; \wedge - логическое произведение „ \wedge ”.

Каждая объемная матрица может описывать разные три разновидности параметров *ТМ*, а ее отдельный элемент – конкретные параметры. Эта тройка параметров является основой построения новой объемной матрицы, их развивающей в последующих выбранных трех направлениях и т.д. При этом, каждая градация параметров – это фактически пределы их регулирования, обеспечиваемые *ТМ* и отвечающими им *КМ*.

К преимуществам такого подхода помимо компактности можно также отнести возможность неограниченного расширения, как количества рассматриваемых параметров, так и их конкретизации. При этом, за счет обеспечения единого информационного пространства создаются все предпосылки применения современных *CALS*-технологий для автоматической сборки.

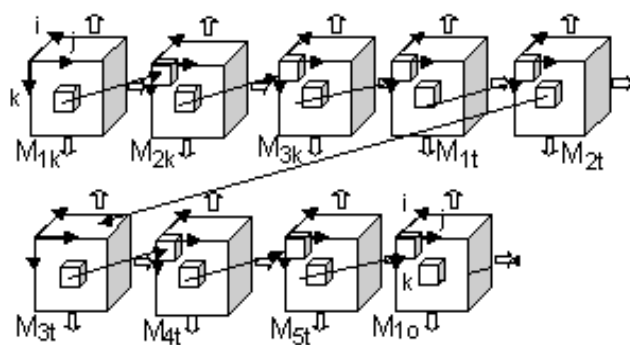


Рис.2. Схема описания технологического модуля детали

Предлагаемая схема *ТМ* детали описывается рядом объемных матриц, раскрывающих его конструкторские, технологические и организационные параметры (рис.2). На первом месте выступает матрица поверхностей собираемой детали M_{1k} , описывающая класс детали (P_S), разновидности поверхностей (S_V) и свойства (M) - направления i, j, k . Каждый класс деталей, разновидностей поверхностей и свойств при необходимости может быть расширен

своими матрицами, которые строятся по алгоритму дерева. Например, элементарная матрица, описывающая i -ый класс, j -ую поверхность и k -ое свойство деталей расширяется в объемную матрицу макрогеометрии M_{2k} , т.е. размеров поверхности (R), их точности (T_K) и жесткости детали (Z). Дальнейшее расширение отдельного элемента матрицы в этом направлении приводит к матрице микрогеометрии M_{3k} , т.е. конкретизации отклонений формы (F_K), пространственного расположения (R_a), высоты шероховатости (H_R). На этом характеристика конструкторских параметров может быть закончена или, при потребности, продолжена. Далее следует характеристика технологических параметров. Матрица процесса M_{1t} дает представление о производительности изготовления детали (P_R), его структуре (S_T) и разновидностях

обработки (O_B). Как и раньше, имеется возможность дальнейшего углубления каждой из характеристик. Следующая матрица базирования M_{2t} , описывает число одновременно обрабатываемых деталей (D), способ их базирования (T_B) и используемые технологические базы (S_B). Матрица обработки M_{3t} детализирует требуемую обработку (W), достигаемую точность (T_T), отклонения формы поверхностей (F_T). Матрица оснащения M_{4t} описывает требуемое оборудование (O_S), инструмент (I) и приспособление (O_P), а следующая матрица M_{5t} - режимы обработки, N – скорость, T – глубина, S - подача. Последней выступает матрица организации работы M_{1o} , которая описывает организационную форму работы (O_F), межоперационные перемещения (T_R) и используемое транспортное оборудование (O_T).

Обозначив буквами, указанные на рис.2 направления расширения матриц, можно записать

$$\begin{aligned} M_{k1} &= \bigcup (P_S \wedge S_V \wedge M); & M_{t1} &= \bigcup (P_R \wedge S_T \wedge O_B); & M_{t4} &= \bigcup (O_S \wedge I \wedge O_P); \\ M_{k2} &= \bigcup (R \wedge T_K \wedge Z); & M_{t2} &= \bigcup (D \wedge T_B \wedge S_B); & M_{t5} &= \bigcup (N \wedge T \wedge S_\Delta); \\ M_{k3} &= \bigcup (F_K \wedge R_a \wedge H_R); & M_{t3} &= \bigcup (W \wedge T_T \wedge F_T); & M_{o1} &= \bigcup (O_F \wedge T_R \wedge O_T), \end{aligned} \quad (3)$$

где \bigcup – логическое объединение, а значения символов, размещенных в скобках, указаны выше. Тогда объемная матрица, описывающая модуль собираемой детали

$$M_{TM_D} = \bigcup_1^3 M_{k1} + \bigcup_1^5 M_{Tj} + M_{o1}. \quad (4)$$

Или в общем виде:

$$M_{TM_D} = \bigcup_1^n M_i \quad (5)$$

где n – общее число развернутых матриц.

Технологический сборочный модуль. Указывается [1], что соединение всех деталей и сборочных единиц осуществляется через сборку модулей соединения (MC) в пределах семи направлений. MC представляют собой совмещенную пару базирующих $МП$. Соединение деталей представляет собой совмещение комплекта основных баз присоединяемой детали с комплектом вспомогательных баз базовой детали с последующим приложением силового замыкания, а $ТСП$ любого изделия рассматривается как осуществление MC в определенной последовательности. В состав технологического обеспечения сборки входят модули $ТСП$ для получения MC , технологических баз, оборудования, инструментальной наладки, приспособления и контрольно-измерительного устройства. Недостатком, помимо указанных в предыдущем случае, можно полагать еще больший уклон в конструкцию и очень малый - в сборочную технологию. Создается невольное впечатление, что все базируется только на поверхностях деталей и их сопряжениях, а все остальное как бы оказывается фоном, хотя практика говорит о обратном. Такая точка зрения на сборку, к сожалению, известна, несмотря на ее ошибочность. Именно потому запись модулей типа $B1, P2, C1, B321, C121, MP312$ и т.п. нельзя признать полными и достаточными. Более полное описание структуры модуля типа $Str = \bigcup [\uparrow (p_i, t_i)] = \{P, F\}$ можно найти в работе [4], где уже учитываются типы и виды поверхностей, профили, способы и виды технологического воздействия.

Технологический сборочный модуль описывается подобно модулю детали, т.е. с

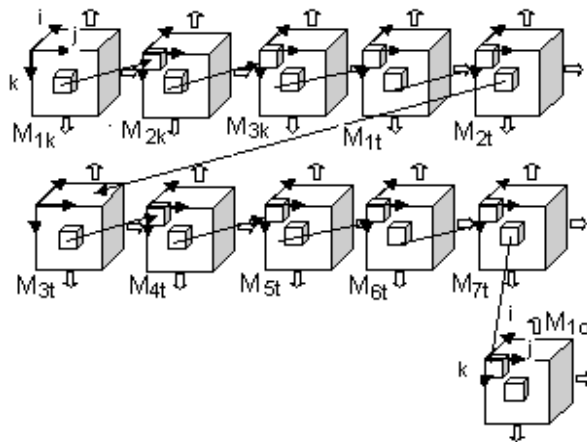


Рис.3. Схема описания технологического модуля сборочного узла

помощью разворачивания требуемых матриц до желаемой степени конкретизации всех параметров. В качестве иллюстрации на рис. 3 показано одно направление такого расширения. Матрица сопрягаемых поверхностей собираемых деталей M_{1k} описывает сочетание сопрягаемых поверхностей, вид сборочного соединения и предъявляемые к нему требования. Уточняя сочетание сопрягаемых поверхностей, следующая матрица макрогеометрии сборочного соединения M_{2k} конкретизирует вид функциональных перемещений, размеры и жесткость собранного узла. Матрица точности M_{3k} раскрывает метод достижения точности соединения,

отклонения формы и взаимных перемещений. На этом конструкторские параметры сборочного модуля закончены, хотя при необходимости дальше могут быть расширены дополнительными матрицами. Технологические параметры описывают матрицы структур M_{1t} (производительность, способ сборки, структура процесса), сборочных движений M_{2t} (виды движений, основных и вспомогательных), базирования M_{3t} (число одновременно собираемых деталей, способ базирования, технологические базы), ориентирования M_{4t} (способ ориентирования, пространственного и взаимного), сопряжения M_{5t} (характер сопряжения, фиксации, контроля), сборочного оснащения M_{6t} (оборудование, инструмент, приспособление) и режимов сборки M_{7t} (сила, способ приложения, подача). Матрица организации сборки M_{1o} имеет те же направления расширения, что и в предыдущем случае.

Опуская промежуточные объединения матриц, которые подобны предыдущему случаю, можно записать матрицу, описывающую модуль сборки узла

$$M_{TM_s} = \bigcup_1^3 M_{ki} + \bigcup_1^7 M_{ij} + M_{o1}; \quad (6)$$

$$M_{TM_s} = \bigcup_1^m M_i, \quad (7)$$

где m – общее число развернутых матриц сборки узла.

Из приведенного следуют иерархические уровни структурирования модульной сборочной технологии, которые для рассматриваемых случаев показаны на рис.4. На основании изложенного и принимая приведенное расширение матриц достаточным, каждый TM_D в этом случае может быть полностью описан прямоугольной матрицей 3×9

$$TM_D = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & t_{13} \\ t_{21} & t_{22} & t_{23} \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ t_{91} & t_{92} & t_{93} \end{bmatrix}, \quad (8)$$



Рис.4. Иерархические уровни структурирования модульной сборочной технологии: *а* – собираемой детали; *б* – сборочного узла

где t_{ij} - пределы изменения параметров, описанных матрицами. Для автоматической сборки используется подобная матрица, отражающая результаты расширения, показанная на рис. 4

$$TM_S = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & s_{13} \\ s_{21} & s_{22} & s_{23} \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ s_{11,1} & s_{11,2} & s_{11,3} \end{bmatrix}, \quad (9)$$

где s_{ij} - пределы изменения параметров, описанных матрицами расширения.

Выводы. Можно отметить, что предложенный способ описания модульной сборочной технологии максимально полно описывает TM , обеспечивая сколь угодно полную конкретизацию, полностью отвечает требуемой структуризации. Представленные матрицы легко программируются и математически обрабатываются и в дальнейшем при программной обработке могут быть доведены даже до схемо-численных значений.

При компьютерном проектировании $ТСП$ только таким или подобным способом из банка данных могут быть подобраны необходимые составляющие TM и KM .

Список литературы: 1. Базров Б.М. Модульная технология в машиностроении. – М.: Машиностроение, 2001. 2. Шабайкович В.А. Модульные технологии и конструкции в автоматической сборке // Сборка в машиностроении, приборостроении, 2003, №8. 3. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц. – М.: Наука, 1966. 4. Матвиенко А.В., Михайлов А.Н., Доронин Д.И. Структурирование модульных технологических процессов. // Сборник трудов ДонГТУ, вып. 19, Донецк, 1998.

Сдано в редакцию 16.04.08

ЗАЛЕЖНІСТЬ ТЕМПЕРАТУРИ В ЗОНІ КОНТАКТУ ПРИ ФРИКЦІЙНІЙ ОБРОБЦІ СТАЛЕВИХ ДЕТАЛЕЙ

Гурей Т.А., Грицай І.Є. (НУ «ЛП», м. Львів, Україна)

The calculation of temperature distributing on the depth of the hardening layer at the friction hardening is conducted. The temperature in the area of contact at the friction hardening an instrument with an irregular working surface determined at the decision of the thermophysical task the method of sources (Grin's method).