

УДК 621.791

ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ БАЗ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ ВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ

В.П. ИВАНОВ

(Полоцкий государственный университет)

Выбор технологических баз при восстановлении деталей имеет ряд особенностей по сравнению с выбором баз при механической обработке деталей во время их изготовления. Оптимизация графов поверхностей восстанавливаемых поверхностей и их связей путем выделения вершин, не имеющих предков, по критерию минимума количества поверхностей, участвующих в базировании, устанавливает порядок выбора и смены технологических баз. Использование результатов в производстве при обработке корпусных деталей допускает нанесение покрытий в два раза меньшей толщины, чем при традиционных процессах восстановления, и достижение нормативной точности взаимного расположения поверхностей.

Введение. Механическая обработка заготовок при восстановлении деталей отличается от их изготовления из отливок, проката или поковок [1]. Это объясняется такими причинами: преднамеренным разрушением некоторых технологических баз в конце процесса изготовления деталей; износом или повреждением группы баз во время работы машины; деформацией деталей в эксплуатации; небольшими значениями толщины припусков, материал которых, как правило, отличается от материала основы; различием в свойствах припусков при изготовлении и восстановлении деталей; требованием обеспечения необходимой точности взаимного расположения поверхностей, обрабатываемых при восстановлении, и поверхностей, обрабатываемых при изготовлении, а при восстановлении остающихся необработанными. Эти причины объясняют назначение иных режимов обработки ремонтных заготовок, видов и геометрии инструмента, применяемых СОЖ, а также схем базирования. Копирование технологии механической обработки деталей при изготовлении машин для целей их восстановления не приводит к оптимальным результатам.

Корпусная деталь при работе выполняет функцию относительного ориентирования движущихся деталей агрегата при его работе. Отличительные признаки корпусных деталей: коробчатая форма, необходимая для образования закрытого рабочего объема для размещения различных механизмов агрегата; жесткие стенки, подверженные статическим и динамическим нагрузкам с оребренными приливами и бобышками, в которых выполнены гладкие и резьбовые отверстия или направляющие; наличие глубоких отверстий, выполненных в собранных деталях (в том числе из разных материалов), стык которых совпадает с осью отверстий; наличие стыковых плоскостей; высокая точность размеров, формы и расположения основных цилиндрических и плоских поверхностей. Обработка корпусных деталей трудоемка, а точность расположения, формы и размеров отверстий оказывают решающее влияние на долговечность отремонтированных агрегатов.

Цель работы заключалась в повышении производительности механической обработки и точности параметров взаимного расположения поверхностей корпусных деталей при их восстановлении. Она достигалась обоснованным выбором технологических баз при механической обработке.

Принципы выбора технологических баз при механической обработке восстанавливаемых деталей. Технологические базы представляют собой поверхности, линии, точки на поверхности заготовки, которые определяют ее положения в переходах установки и ориентирования при механической обработке. Установочные базы должны иметь наибольшую площадь, направляющие - наибольшую протяженность, а опорные - небольшие размеры [2]. Оптимальный выбор технологических баз определяет геометрическую точность, трудоемкость и производительность обработки, а также сложность создаваемых приспособлений.

Технологический процесс обработки разделен на ряд установов. Технологическая база для первого установа заготовки обеспечивает правильное «выкраивание» из нее будущей детали. В качестве такой базы выбирают одну из основных поверхностей, которая остается при восстановлении необработанной, но относительно которой ориентирован ряд определяющих поверхностей, обрабатываемых при восстановлении детали. Относительно первой базы должно быть наименьшее смещение обработанных поверхностей. При выборе этой базы решается задача равномерного распределения припусков между последующими операциями обработки. Из двух поверхностей заготовки - тела вращения в качестве первой технологической базы принимают поверхность с наименьшим припуском. Эту технологическую базу используют только один раз.

Затем обеспечивают точность взаимного расположения поверхностей детали. При этом вначале обеспечивают нормативные относительные повороты (параллельность или перпендикулярность), а затем - относительные расстояния.

В заключение обработки восстанавливаемым элементам придают правильную форму и точность размеров. Если в качестве технологической базы будет выбрана сама обрабатываемая поверхность, то при ее механической обработке будет снят минимальный припуск. На последней операции создают необходимую шероховатость поверхности без изменения достигнутых ранее значений параметров расположения и формы.

Обработать все поверхности от одних и тех же технологических баз невозможно. Наибольшая точность и производительность обработки будут достигнуты, если в качестве технологических баз будет использовано наименьшее число поверхностей деталей.

В общем случае выбор технологических баз при механической обработке восстанавливаемых деталей подчиняется следующему принципу: во всех установках измерительные базы, как правило, совпадают с технологическими, а обработанные поверхности на данном установе используются в качестве измерительных баз для последующего установа.

Выбор технологических баз при восстановлении деталей включает определение критериев и методов. В качестве критериев обработки принимают ее производительность и качество.

Наибольшая производительность обработки соответствует ее минимальному машинному времени t_m . Этот критерий является функцией физико-механических свойств материала, толщины припусков, длины обработки, параметров точности расположения, формы, размеров и шероховатости поверхности:

$$t_m = f(HB; \sum_{i=1}^n T_i; l_i; \Delta_1; \Delta_2; \Delta_3; Ш_i), \text{ мин}, \quad (1)$$

где HB – твердость обрабатываемых поверхностей; $i = 1 \dots n$; T_i – толщина припуска на обработку i -той поверхности, мм; l_i – длина обработки, мм; Δ_1, Δ_2 и Δ_3 – соответственно значения параметров точности расположения, формы и размеров, мкм; $Ш_i$ – значение параметра шероховатости, мкм.

Если в качестве вершин графа детали использовать обрабатываемые поверхности, связанные дугами, длины которых равны машинному времени обработки последующей поверхности, то кратчайший путь между вершинами крайних ярусов вершин определяет наименьшее общее время обработки этой детали.

Искомое множество поверхностей находится на кратчайшем пути графа, который определяется решением рекуррентного уравнения:

$$t_{i+1} = \min [t_{(i+1) - 1} + t_i], \text{ мин}, \quad (2)$$

где t_{i+1} – машинное время, соответствующее $i + 1$ операциям от начала обработки, мин; t_i – машинное время, соответствующее i операциям при условии, что их последовательность выбрана оптимальным образом, мин; $t_{(i+1) - 1}$ – машинное время, соответствующее $(i + 1)$ -й операции.

Точность обработки, которая зависит от используемого множества технологических баз, определяется значениями соответствующих параметров расположения, формы, размеров и шероховатости поверхностей. Указанное множество может быть выбрано из графа отношений основных поверхностей ремонтной заготовки.

По признаку направленности связей между поверхностями восстанавливаемой детали имеется два вида отношений. Подмножество отношений первого вида содержит поверхности, строго от которых производят измерения. Такие отношения изображают ориентированными дугами, выходящими из измерительных баз. К ним можно отнести, например, параметры биения поверхностей. Подмножество второго вида отношений изображают неориентированными ребрами. В паре поверхностей, связанных ребром, любая поверхность может быть выбрана в качестве измерительной базы.

Очередность использования поверхностей восстанавливаемой детали в качестве базовых при ее механической обработке выбирается из графа отношений основных поверхностей ремонтной заготовки путем выделения вершин, не имеющих предков [3].

Механическую обработку следует начинать, используя в качестве технологических баз поверхности, расположенные в первом слое упорядоченного графа. При обработке других поверхностей в качестве технологических баз применяют поверхности, находящиеся в предыдущих слоях этого графа. Это обеспечит наименьшее количество операций механической обработки с минимальными погрешностями базирования, а при восстановлении поверхностей - припуски наименьшей толщины.

Пример выбора и смены технологических баз при механической обработке блока цилиндров двигателя. Множество основных поверхностей блока цилиндров, участвующих в базировании и обработке, и их отношения представлены в виде графа на рис. 1.

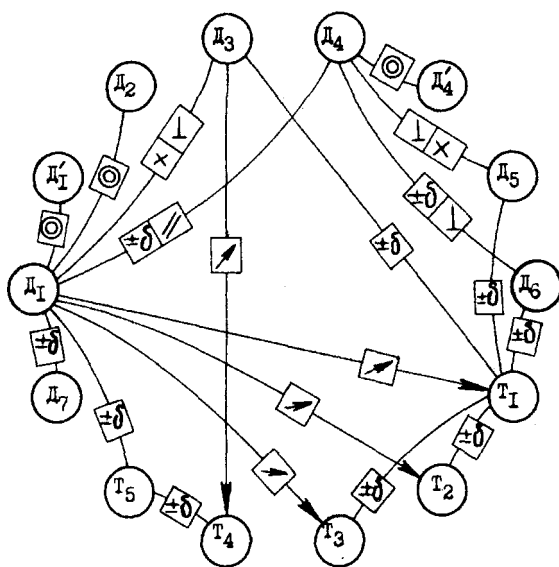


Рис. 1. Γ-граф основных поверхностей блока цилиндров и их отношений:

D_1 и D_1' – соответственно, отверстия в крайних и средних коренных опорах; D_2 – отверстие в картере сцепления; D_3 – отверстия под гильзы; D_4 и D_4' – соответственно, отверстия в крайних и средних втулках распределительного вала; D_5 – отверстия под толкатели; D_6 – отверстие под привод распределителя; D_7 – отверстие под стартер; T_1 и T_2 – соответственно, передний и задний торцы первой коренной опоры; T_3 – торец картера сцепления; T_4 – торец под гильзу; T_5 – поверхность под головку цилиндров;

- – соосность отверстий;
- ⊥ – неперпендикулярность осей (поверхностей);
- ±δ – линейное отклонение;
- × – непересечение осей;
- ↗ – биение поверхности;
- // – непараллельность осей (поверхностей)

Матрица смежности этого графа приведена в таблице.

Обозначим через $V_{D1}, V_{D1'}, \dots, V_{T5}$ векторы, являющиеся строками матрицы. Вычислим

$$V_0 = V_{D1} + V_{D1'} + \dots + V_{T5}$$

и запишем результат в низу таблицы.

Этот вектор содержит два нуля, соответствующих вершинам D_3 и T_5 . Это значит, что эти вершины не имеют предков и образуют нулевой слой.

	D_1	D_1'	D_2	D_3	D_4	D_4'	D_5	D_6	D_7	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5
D_1		1	1		1				1	1	1	1		
D_1'														
D_2														
D_3	1									1			1	
D_4						1	1	1						
D_4'														
D_5														
D_6														
D_7														
T_1							1	1			1	1		
T_2														
T_3														
T_4														
T_5	1												1	
V_0	2	1	1	0	1	1	2	2	1	2	2	2	2	0
V_1	0	1	1	–	1	1	2	2	1	1	2	2	0	–
V_2	–	0	0	–	0	1	2	2	0	0	1	1	–	–
V_3	–	–	–	–	–	0	0	0	–	–	0	0	–	–

Вычислим вектор

$$V_1 = V_0 - V_{Д3} - V_{Т5},$$

где появятся два новых нуля, соответствующих вершинам Т4 и Д1, которые образуют слой 1.

Затем вычислим

$$V_2 = V_1 - V_{Т4} - V_{Д1},$$

где появятся пять новых нулей, соответствующих вершинам Д1¹, Д2, Д4, Д7 и Т1, которые образуют слой 2.

Наконец вычислим вектор

$$V_3 = V_2 - V_{Д11} - V_{Д2} - V_{Д4} - V_{Д7} - V_{Т1},$$

где также появятся пять новых нулей, соответствующих вершинам Д4¹, Д5, Д6, Т2 и Т3, которые образуют слой 3.

Результат упорядочения множества поверхностей (рис. 2). Две вершины упорядоченного графа: Т5 – плоскость под головку цилиндров и Д3 – поверхности отверстий под гильзы цилиндров находятся в верхнем нулевом слое графа. Эти поверхности при восстановлении не обрабатываются. В первом и втором слоях графа находятся три узловых вершины: Д1 – поверхности коренных опор, Т1 – передний торец первой коренной опоры, Д4 – поверхности отверстий во втулках распределительного вала. Относительно трех последних узловых вершин ориентированы три группы поверхностей, находящихся в предпоследнем и последнем слоях графа. В качестве технологических баз последовательно принимают вершины-поверхности Т5 и Д3, Д1, Д4 и Т1, находящиеся по отношению друг к другу и к остальным вершинам в верхних слоях графа.

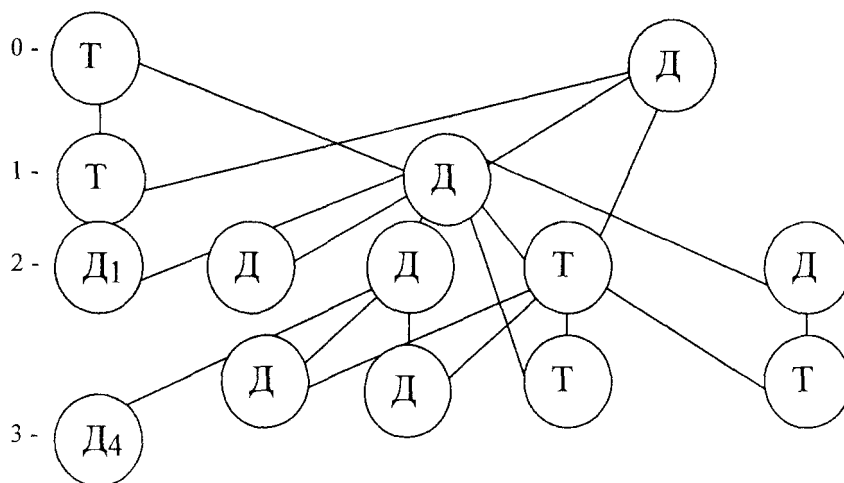


Рис. 2. Упорядоченный граф поверхностей блока цилиндров после выделения вершин, не имеющих предков

Практическая реализация результатов. Полученные результаты использованы при механической обработке блока цилиндров в сборе с картером сцепления двухрядного восьмицилиндрового двигателя.

Коренные опоры, отверстия в картере сцепления и под стартер предварительно растачивали с базированием по стыковой плоскости к головке цилиндров (установочная база) и крайним отверстиям под гильзы цилиндров (направляющая и опорная базы). Затем предварительно обработанные и запрессованные втулки распределительного вала растачивали с базированием корпусной детали по обработанным коренным опорам (двойная направляющая база) и поверхности отверстия под гильзу цилиндра (опорная база).

Торцы первой коренной опоры подрезали с прежним базированием. Использование поверхности отверстия под гильзу первого цилиндра обеспечило снятие припуска наименьшей толщины.

Отверстия под толкатели разворачивали под ремонтный размер с направлением инструмента по обрабатываемой поверхности. Торцы отверстия под гильзу цековали ручным инструментом с базированием его по плоскости под головку цилиндров. Значения параметров расположения осей цилиндров и оси коренных опор зависят от точности обработки гильз цилиндров, которые восстанавливаются отдельно. Отверстия под гильзы цилиндров в результате эксплуатационных нагрузок принимают форму овала. Большая его ось расположена в плоскости качания шатуна и превышает меньшую ось до 0,07 мм. Гильзы, установленные в такие отверстия, принимают их форму. Точность указанных параметров обеспечи-

вали следующим образом. Гильзы цилиндров, которые имели припуск на окончательное растачивание и хонингование, собирали с блоком цилиндров и жестко фиксировали в установочных отверстиях с помощью прижимов. Отверстия в гильзах растачивали с базированием блока цилиндров по обработанным коренным опорам (двойная направляющая база), переднему торцу первой коренной опоры и поверхности под головку цилиндров (опорные базы). Применяли позиционное растачивание с принудительным перемещением детали во время вспомогательного перехода на величину номинального расстояния между осями цилиндров. Гильзы хонинговали также в сборе их с блоком цилиндров. Гильзы не только не разукрупняли с блоком цилиндров, но и не изменяли их положения, приданного им при первоначальной установке.

Предложенный процесс обработки блока цилиндров в сборе с картером сцепления допускает нанесение покрытий в два раза меньшей толщины, чем при традиционных процессах восстановления, с достижением точности взаимного расположения поверхностей (как обрабатываемых, так и необрабатываемых при восстановлении), установленной заводом-изготовителем. Усовершенствование процесса механической обработки испытано на операциях: позиционного растачивания зеркала цилиндров рядного блока цилиндров на оснащенной станке 2Е78П, хонингования цилиндров на станке 3М83; подрезки торцев передней коренной опоры на переоборудованном станке ОР-14572; подрезки торца картера сцепления на станке ОР-12068. Полное внедрение процесса требует переоснащения опорно-базировочными приспособлениями расточного оборудования 11А775 или ОР-14572, или РД-53 силами заводов-изготовителей этого оборудования.

Выводы

1. Механическая обработка восстанавливаемых деталей учитывает их эксплуатационную наследственность, особенности получения ремонтных заготовок и требования к точности обрабатываемых элементов.

2. Предложен метод выбора и смены технологических баз при механической обработке восстанавливаемых деталей на основе оптимизации графов их поверхностей и связей путем выделения вершин, не имеющих предков.

3. Реализованный в производстве процесс обработки корпусных деталей допускает нанесение покрытий в два раза меньшей толщины, чем при традиционных процессах восстановления, с достижением точности взаимного расположения поверхностей (как обрабатываемых, так и необрабатываемых при восстановлении), установленной заводом-изготовителем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов В.П. Основы ремонта машин. - Новополоцк: ПГУ, 2000. - 245 с.
2. Махаринский Е.И., Горохов В.А. Основы технологии машиностроения. Мн.: Вышэйшая школа, 1997.-423 с.
3. Кофман А., Дебазей Г. Сетевые методы планирования. -М.: Прогресс, 1968. - 181 с.