

изменяется также их форма. При оптимальных усилиях обкатки (2500...3500Н) карбиды приобретают округлую или многогранную форму. В этом интервале усилий наблюдается наибольшее увеличение износостойкости металлопокрытия [1]. Выделение карбидов является одним из основных упрочняющих факторов при ПВ ТМО. Образование в структуре металлопокрытия в процессе ПВ ТМО большого количества дисперсных включений служит препятствием движению дислокаций, в результате чего прочность и эксплуатационные характеристики металлопокрытий повышаются. Кроме того, карбидные включения затрудняют разупрочнение при последующей термической обработке, что является одной из причин существования эффекта «обратимости» ПВ ТМО.

При испытании на износостойкость наилучшие результаты получены именно в случае выпадения наиболее дисперсных карбидных частиц сфероидальной формы.

Таким образом, в процессе ПВ ТМО усиливаются все известные упрочняющие воздействия: повышается плотность и, соответственно, взаимодействие дислокаций, как в результате деформаций аустенита, так и в результате фазового наклепа при мартенситном превращении; образуется перенасыщенный легированный твердый раствор – мартенсит; создается своеобразное кристаллографическое упорядочение – образование двойниковых пластин мартенсита; возрастает количество дисперсий и равномерно распределенных частиц упрочняющих фаз (главным образом карбидных) после низкого отпуска [3].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Беляев Г.Я., Сакович Н.А. Триботехнические свойства металлопокрытий, упрочненных поверхностной термомеханической обработкой // *Машиностроение*. – Мн., 2000. – Вып.16 – С.149-153.
2. Л.И. Коган, И.Б. Пилецкая и др. Упрочнение и тонкая структура стали при термомеханической обработке// *Проблемы металлосведения и физики металлов* – М., 1978.-Вып.9.- С.117-122.
3. Берштейн М.Л. Термомеханическая обработка металлов и сплавов.- М.: *Металлургия*, 1968.- Т.2 – 1171 с.

УДК 658.512

**Н.В. Беляков, Е.И. Махаринский**

## **СИНТЕЗ МАРШРУТА ОБРАБОТКИ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

*Витебский государственный технологический университет*

*Витебск, Беларусь*

При проектировании технологических процессов изготовления корпусных деталей машин в серийном производстве возникает задача назначения комплектов техно-

логических баз. Принятие решения о назначении комплектов технологических баз, как правило, опирается на опыт и интуицию проектировщика и не основано на алгоритмах или формальных правилах. Эта процедура проектирования ТП с помощью ЭВМ проводится только в диалоговом режиме [1]. Поэтому есть необходимость повышения уровня её формализации.

В работе [2] приводятся формальные правила, в которых в зависимости от ориентации той или иной обрабатываемой поверхности относительно одного из пяти возможных вариантов комплектов конструкторских баз (КБ) назначается комплект технологических баз (ТБ), таким образом, что исключается возможность появления погрешности схемы базирования. Правила разработаны для случаев явного и неявного (согласно ГОСТ 25069-81) задания допусков относительного расположения одной поверхности относительно другой.

Одной из важнейших задач в определении комплекта технологических баз является формальное определение комплектов конструкторских баз [2]. Комплект конструкторских баз предлагается определять с помощью совместного анализа графов параллельностей, скрещиваний осей и графа угловых расположений поверхностей. Под графом угловых расположений понимается граф отражающий отношения перпендикулярностей и углов между поверхностями. Согласно ГОСТ 25069-81, если допуски параллельности не указаны, то допускаются любые отклонения от параллельности в пределах поля допуска размера. Очевидно, граф размерных связей детали по осям — есть граф, отражающий соответствующие отношения между параллельными поверхностями и могут отражать отношения скрещивания между соответствующими осями. В том случае, если допуски относительного расположения поверхностей чертежом явно не заданы, то граф угловых расположений строится согласно положениям ГОСТ 25069-81.

Совокупность комплектов конструкторских баз для обрабатываемой поверхности формально можно определить следующим образом. Вначале необходимо сформировать графы размерных связей детали по необходимым координатным осям. Затем граф угловых расположений обрабатываемых поверхностей по отношению к обрабатываемым поверхностям и граф угловых расположений обрабатываемых поверхностей по отношению к необрабатываемым. Последний необходим в связи с тем, что не всегда возможно внутри этапа определить комплект технологических баз для обработки той или иной поверхности из числа только обработанных поверхностей.

Причем все графы строятся для каждого этапа механической обработки корпусной детали и на них отражаются обрабатываемые и необрабатываемые поверхности внутри этапа. Для этого необходимо построить модель заготовки, на которой будут выделены все обрабатываемые поверхности этапа и перенесены размерные связи и

допуски относительных поворотов с чертежа детали. Такой подход необходим, чтобы уменьшить эффект наследования погрешности обработки.

На рис. 1 представлена модель заготовки для обработки на первом этапе и соответствующие графы. На графах двойной окружностью обозначены необрабатываемые поверхности. Для отверстий и наружных цилиндрических поверхностей на графе отмечены только их оси, так как именно они участвуют в образовании комплектов КБ и ТБ.

Возможные комплекты конструкторских баз для обработки поверхностей для данного этапа представлены в табл. 1. Они формируются следующим образом. Номер обрабатываемой поверхности (или оси обрабатываемой поверхности) отыскивается на графе (по одной оси для плоской поверхности, графах по двум осям для оси) размерных связей. Определяется ее связь или связи с другими ближайшими поверхностями на графах размерных связей. (Кратчайшие пути на графе от рассматриваемой поверхности до других поверхностей). Далее для плоских поверхностей на графах угловых расположений комплект дополняется двумя поверхностями, для оси одной. Так, например, для оси 03 с помощью графов размерных связей по осям определяем поверхности 2 06, 2 7 и дополняем их до комплектов поверхностями 5 и 1 с помощью графов угловых расположений. В табл. 1 подчеркнуты комплекты, состоящие только из обрабатываемых поверхностей. Все остальные возможные комплекты расположены сверху вниз в порядке приоритета в зависимости от того, сколько необрабатываемых поверхностей входит в комплект.

Таблица 1

Варианты комплектов конструкторских баз для обработки поверхностей

Обрабатываемая поверхность	03	2	5	06	9
Комплекты конструкторских баз	<u>2 06 5</u>	<u>03 5 06</u>	<u>06 2 03</u>	<u>5 03 2</u>	<u>2 06 5</u>
	2 06 1	<u>5 06 10</u>	1 2 03	5 03 10	2 1 7
	2 7 5	9 5 06	06 10 7		
	2 7 1	03 1 7	1 7 10		
		9 1 7			
		1 7 10			

По правилам [2] для обрабатываемой поверхности легко определяется комплект технологических баз. Так, например, для обрабатываемой поверхности 3 комплектом конструкторских баз является две перпендикулярных плоскости и ось перпендикулярная одной из плоскостей 5 2 06. Поверхность 2 – установочная база, поверхность 5 – направляющая, ось 06 – опорная.

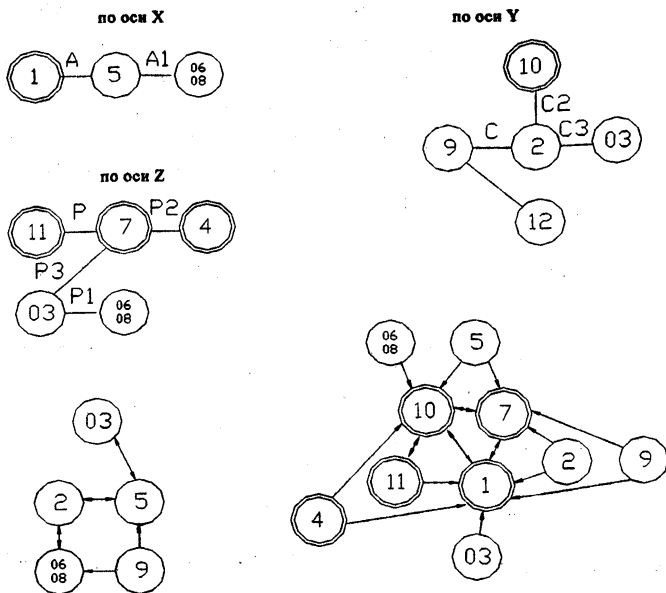
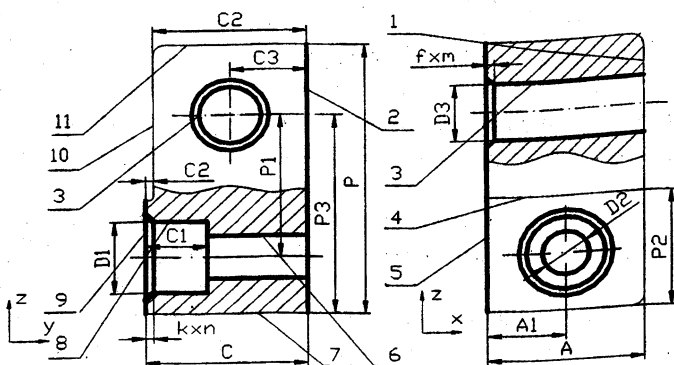


Рис. 1. Чертеж детали, графы размерных связей и угловых расположений

Необрабатываемые поверхности комплекта КБ (если возникнет необходимость их использования) могут назначаться либо опорной, либо двойной опорной, либо на-

правляющей базами, хотя это и нежелательно (приоритет отдаётся обработанным поверхностям).

Для первой операции этапа необходимо определить исходные ТБ. Их правильный выбор позволяет обеспечить заданное чертежом относительное расположение обрабатываемых и исходных поверхностей этапа. Формально их возможно определить с помощью графов этапа. Комплект КБ для определения ТБ на первой операции этапа состоит из поверхностей, обработанных на предыдущем этапе (или необрабатываемых вовсе для первой операции обработки) и необрабатываемых на данном этапе (исходные поверхности этапа) и связанных ребром графа размеров с обрабатываемыми поверхностями и имеющие наибольшее число входящих стрелок на графе угловых расположений.

Для примера, представленного на рис. 1 это комплект – 1 11 7.

Если исходных поверхностей нет или они не входят в комплект конструкторских баз, то в качестве комплекта баз на первой операции этапа выбирается один из комплектов обработанных на предыдущем этапе. В этом случае обработке от этого комплекта подлежат поверхности, которые будут базами как для его обработки так и для других поверхностей. Комплекты КБ (следовательно, и ТБ) взаимно ориентированы, и порядок обработки поверхностей увязан с ориентацией комплектов КБ.

Принимать решение об обработке того или иного комплекта КБ необходимо после проверки возможности обработать от исходной базы сразу всех комплектов КБ и поверхностей.

Важным ограничением порядка обработки поверхностей и использования их в качестве ТБ являются положения о том, что:

переходы обработки поверхностей, составляющих основной контур детали, выполняются раньше чем переходы обработки поверхностей, представляющих собой уступы, пазы и т.д.;

перед обработкой отверстий должны быть обработаны прилегающие торцевые плоскости;

порядок обработки пересекающихся поверхностей устанавливается таким, чтобы уменьшить увод инструмента и вероятность его поломки, снизить дополнительные затраты на слесарную обработку [3];

на окончательном этапе поверхности обрабатываются в порядке, обратном их точности.

Кроме того, от комплекта исходных ТБ необходимо обрабатывать такой комплект КБ, от которого возможно обработать наибольшее количество поверхностей. Очевидно, это одинаковые комплекты для обработки разных поверхностей.

С учетом сказанного, для примера рис. 1 от исходного комплекта 1 11 7 необходимо обработать комплект 2 06 5, а от него поверхности 3 и 9. Если от комплекта

1 11 7 невозможно обработать комплект 2 06 5 целиком (не позволяют возможности оборудования), то от него обрабатывается максимально возможное число поверхностей комплекта и проверяется возможность их сочетания в комплект для обработки необработанной поверхности комплекта. Так для примера, если для комплекта 2 06 5 можно обработать 5 и 06, то далее от комплекта 5 06 9 или 5 06 10 обрабатывается 2.

Алгоритм позволяет определять комплекты КБ, определять порядок обработки поверхностей, назначать ТБ для обрабатываемых поверхностей, находящихся под любым углом к другим поверхностям, исходя из пространственной ориентации поверхностей (в отличие от рекомендаций по выбору баз, основанных на анализе исключительно графов размерных связей детали и шестимерных векторов связей поверхностей с системой координат [1], хотя при проектировании схем базирования и установки заготовок стремятся достичь в первую очередь заданных чертежом относительных поворотов поверхностей, а затем только размеров).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Старостин В.Г., Лелюхин В.Е. Формализация проектирования процессов обработки резанием.-М.:Машиностроение,1986.-136с. 2. Беляков Н.В., Махаринский Е.И. Формализация проектирования схемы базирования заготовок корпусных деталей машин // Машиностроение.- Мн., 2001.- Вып. 17. – С.97-101. 3. Махаринский Е.И., Горохов В.А. Основы технологии машиностроения: Учебник.-Мн.:Высшэйшая школа, 1997.- 423с.

УДК 658.512

**Н.В. Беляков, Е.И. Махаринский, Ю. Е. Махаринский**

### **СИНТЕЗ СХЕМ УСТАНОВКИ ЗАГОТОВОК КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

*Витебский государственный технологический университет  
Витебск, Беларусь*

Цель работы – повышение уровня формализации одной из самых главных процедур индивидуального проектирования технологических процессов механической обработки – синтеза схемы установки [1].

Одной из основных процедур проектирования технологической операции является разработка модели установки заготовки, которая разбивается обычно на следую-