Лекция 2

1. ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ ИЗДЕЛИЙ

1.1. Виды изделий

Нормы взаимозаменяемости изделий зависят от их геометрических характеристик, связанных с формой и соотношением размеров наружного и внутреннего размерных элементов. Применяемые в технике детали и виды соединений можно разделить на группы.

По форме сопрягаемых поверхностей деталей различают:

а) цилиндрические и конические соединения, состоящие из деталей, ограниченных цилиндрическими или коническими поверхностями, детали с угловыми размерами;

б) плоские соединения, состоящие из деталей, ограниченных плоскостями (например, соединение поршневого кольца с поверхностями паза поршня, соединение шпонки с поверхностями пазов вала и втулки, соединения типа «ласточкин хвост» и т. п.);

в) резьбовые и винтовые соединения (цилиндрические, конические), состоящие из деталей, ограниченных винтовыми поверхностями с треугольным, трапециевидным или другим профилем;

г) зубчатые цилиндрические, конические, волновые, винтовые и гипоидные передачи, состоящие из периодически соприкасающихся зубьев колес, имеющих эвольвентный, циклоидальный или другой профиль; к этой же группе можно отнести червячные передачи, состоящие из периодически соприкасающихся зубьев червячного колеса и винтовых поверхностей червяка, имеющего эвольвентный, конволютный или другой профиль;

д) шлицевые соединения, имеющие продольные закономерно расположенные по окружности шлицы прямобочного, эвольвентного или треугольного профиля;

е) сферические соединения, состоящие из двух сферических поверхностей (шарнирные и керновые соединения, соединения шариков с дорожками качения в подшипниках и т. п.).

По степени свободы взаимного перемещения деталей различают:

а) неподвижные неразъемные соединения, например, соединения деталей сваркой, клепкой, клеем; соединения с гарантированным натягом, не предназначенные для разборки, например, соединение бронзового венца червячного колеса со стальной ступицей;

б) неподвижные разъемные соединения, отличающиеся от предыдущих тем, что в них возможно перемещение одной детали относительно другой при регулировке и разборке соединения при ремонте (например, крепежные резьбовые, шлицевые, шпоночные, клиновые и штифтовые соединения);

в) подвижные соединения, в которых одна соединяемая деталь во время работы механизма перемещается относительно другой в определенных направлениях.

В каждую из групп входит много разновидностей соединений, имеющих свои конструктивные особенности и свою область применения. Сборку соединений осуществляют с различными посадками в зависимости от эксплуатационных требований.

1.2. Понятие о взаимозаменяемости и ее видах

При проектировании деталей машин их геометрические параметры задаются размерами элементов, а также формой и взаимным расположением их поверхностей. При изготовлении возникают отступления геометрических параметров реальных деталей от идеальных (запроектированных) значений. Эти отступления называются *погрешностями*. Погрешности могут возникнуть также в процессе хранения и эксплуатации машин под воздействием внешней среды, внутренних изменений в структуре материала, износа и т. д.

Степень приближения размеров детали к прототипу, заданному чертежом, называется *точностью обработки*. Под *погрешностью обработки* понимают степень несоответствия действитель-

ных параметров заданным, т.е. погрешность – это величина, обратная точности.

Точность деталей по геометрическим параметрам есть совокупное понятие, подразделяющееся по следующим признакам:

✓ точности размеров элементов;

✓ точности формы поверхностей элементов (макрогеометрии поверхности);

✓ точности по шероховатости поверхности (микрогеометрии);

✓ точности взаимного расположения элементов.

Конструктор должен исходить из того, что погрешности параметров не только неизбежны, но и допустимы в определенных пределах, при которых деталь еще удовлетворяет требованиям правильной сборки и функционирования машины. Нельзя требовать получения абсолютно точного идеального значения параметра, т. е. нулевой погрешности, так как это требование неосуществимо в реальных условиях изготовления и измерения. Нельзя также ограничиться установлением одних только идеальных значений параметров деталей, так как при изготовлении могут возникнуть столь большие погрешности, что деталь не будет удовлетворять своему служебному назначению. Конструктор должен решить две неразрывные задачи: установить идеальные значения параметров детали и нормировать точность изготовления этих параметров путем назначения пределов, ограничивающих их погрешности. Эти пределы в процессе изготовления контроля деталей являются критериями их годности. Сложность задачи по назначению пределов для допустимых погрешностей состоит в том, что ее решение требует от конструктора всестороннего учета как условий функционирования и эксплуатации изделия, так и условий его изготовления и сборки. Условия эти противоречивы: для правильного функционирования может требоваться сужение пределов допускаемых погрешностей, а для экономичного изготовления – расширение. Критерием оптимального решения данной задачи является обеспечение работо-

способности изделия при минимальной суммарной стоимости его изготовления и эксплуатации.

Погрешности размера, формы, шероховатости и расположения поверхностей в процессе изготовления возникают под действием ряда причин, среди которых следует отметить:

- ✓ погрешности станка;
- ✓ погрешности обрабатывающего инструмента и приспособлений;
- ✓ износ инструмента;
- ✓ упругие деформации в системе станок-приспособление-инструмент-деталь (системе СПИД);
- ✓ температурные деформации системы СПИД;
- ✓ погрешности, зависящие от выбранной технологической схемы и режимов обработки;
- ✓ погрешности измерения, включая методику измерений и погрешности измерительных средств;
- ✓ неоднородность размеров, жесткости, материала и другие погрешности заготовок.

Задача повышения качества и объема производства может быть решена на современном уровне развития машиностроения лишь путем развития массового, серийного производства, внедрения комплексной автоматизации и механизации процессов, создания специализированных производств и автоматизации методов контроля. Необходимым условием достижения этих целей является широкое развитие принципов взаимозаменяемости. Без взаимозаменяемости невозможно представить сейчас ни одно более или менее крупное производство.

Внедрение принципов взаимозаменяемости позволяет организовать выпуск деталей требуемой точности на одних заводах, а использовать эти детали для сборки изделий в другом конце страны, или даже в другой стране.

Взаимозаменяемость – это свойство независимо изготовленных с заданной точностью составных частей изде-

лия обеспечивать возможность его сборки в процессе изготовления и ремонта при эксплуатации с соблюдением установленных технических требований к готовому изделию.

Составными частями изделия являются детали, сборочные единицы (узлы) и агрегаты, которые изготавливаются отдельно в нужном количестве, в зависимости от размера партии изделий и необходимости в запасных частях. Для обеспечения взаимозаменяемости деталей и сборочных единиц они должны быть изготовлены с заданной точностью, т. е. так, чтобы их размеры, форма поверхностей и другие параметры находились в пределах, заданных при проектировании изделия.

Взаимозаменяемость лежит в основе важнейших принципов и форм организации современного производства. Из самого определения взаимозаменяемости следует, что она является предпосылкой расчленения производства, независимого изготовления деталей, сборочных единиц и агрегатов.

Каждый инженер должен хорошо знать действующую систему допусков и посадок, принципы её построения и методику применения, а также способы контроля установленных отклонений. Знания в области обеспечения взаимозаменяемости, допусков и посадок особенно необходимы конструкторам, технологам и эксплуатационникам, т.к., создавая конструкцию детали или выбирая технологический процесс её изготовления или ремонта, они должны предусматривать в нем (наряду с операциями обработки и сборки) методы достижения требуемой точности и контрольные операции, осуществляемые при помощи методов и средств технических измерений, удовлетворяющих современным требованиям.

Различают *полную* и *неполную* взаимозаменяемость.

Полная взаимозаменяемость – взаимозаменяемость, при которой обеспечивается возможность беспригоночной сборки (или замены при ремонте) любых независимо изготовленных с заданной точностью однотипных деталей.

В условиях полной взаимозаменяемости существенно облегчается сборка, которая при этом сводится к простому соединению

деталей, расширяются возможности поточного метода изготовления деталей, автоматизации процессов производства и сборки изделий, упрощается ремонт машин.

Неполная взаимозаменяемость – взаимозаменяемость, при которой для обеспечения требуемой точности изделия предусматриваются некоторые конструктивные особенности детали (узла) или вводятся дополнительные технологические операции при сборке или ремонте. Например, применяют доводку или пригонку, групповой подбор деталей (так называемую селективную сборку), в конструкцию вводятся различные регулировочные элементы, компенсаторы. Неполная взаимозаменяемость применяется в том случае, если для заданных эксплуатационных требований необходимо изготовлять детали и сборочные единицы с малыми, экономически невыгодными или технологически трудновыполнимыми допусками.

Примером неполной взаимозаменяемости в современных машинах может служить производство блока цилиндров и поршней двигателя. Диаметры цилиндров в блоке автомобиля ВАЗ 2123 разбивают на пять классов. Также на пять классов по наружному диаметру делят поршни. При сборке (селективная сборка) поршни вставляются в блоки одноименных групп (рис. 1.1).

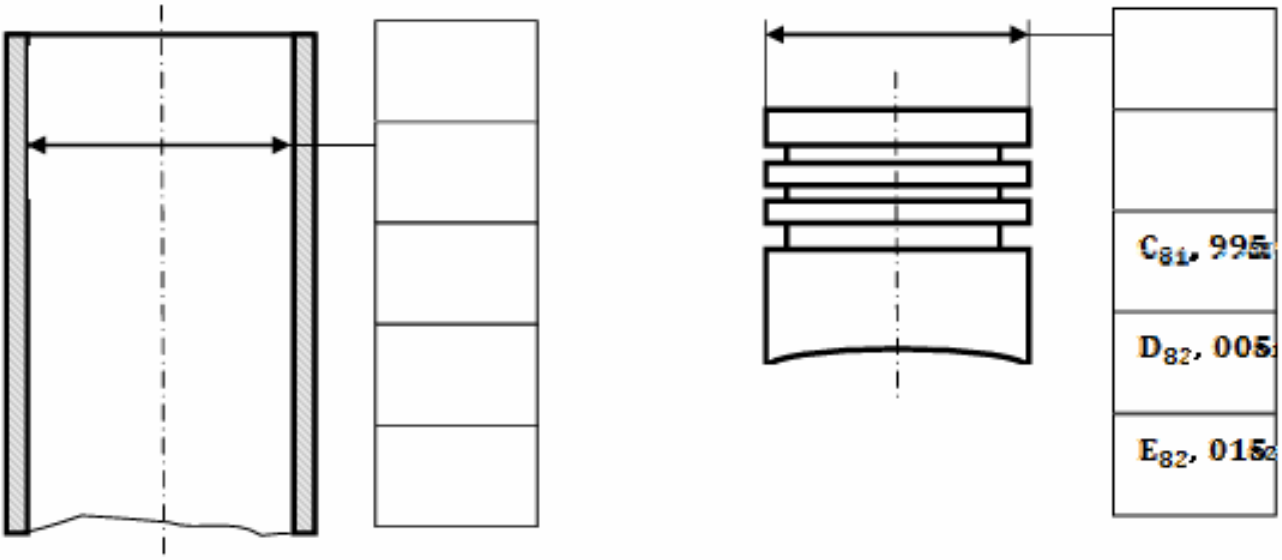


Рис. 1.1. Пример неполной взаимозаменяемости

Переход к неполной взаимозаменяемости может быть обусловлен также малым объемом производства, не дающим возможности рационально использовать надлежащие инструменты, приспособления и пр.; обширной номенклатурой изготавливаемых изделий, приводящее к чрезмерному расширению всего инструментального хозяйства; особо сложной формой деталей, затрудняющей их обработку и контроль и т. п. Уровень взаимозаменяемости обычно тем выше, чем больше производство.

Кроме того, различают *внутреннюю, внешнюю* и *функциональную взаимозаменяемость.*

Внутренняя взаимозаменяемость – взаимозаменяемость всех или некоторых деталей, составляющих сборочные единицы, механизмы, входящие в изделие. Например, в подшипниках качения внутреннюю взаимозаменяемость имеют кольца и тела качения (шарики, ролики).

Внешняя взаимозаменяемость – взаимозаменяемость сборочных единиц (например, покупных изделий, монтируемых в более сложные изделия) по размерам и форме присоединительных поверхностей. Для подшипников качения это размеры наружного и внутреннего колец.

Функциональная взаимозаменяемость – взаимозаменяемость, при которой возможны не только сборка и замена при ремонте любых деталей, узлов и механизмов, но и обеспечение их необходимых эксплуатационных показателей и функциональных параметров. Например, взаимозаменяемое зубчатое колесо кроме способности без подгонки занять свое место в узле должно передавать заданный крутящий момент, иметь определенное передаточное отношение и обладать заданным ресурсом работы.

Удельный вес взаимозаменяемых деталей во всей совокупности деталей соответствующего изделия характеризуется коэффициентом взаимозаменяемости, под которым понимается отношение трудоемкости изготовления взаимозаменяемых деталей к общей трудоемкости изготовления изделия. В современных машинах этот

коэффициент достаточно высок, но не всегда изделие можно сделать из полностью взаимозаменяемых частей. Так, например, в двигателе шатун обрабатывается вместе с крышкой и поэтому они в отдельности не взаимозаменяемы (рис. 1.2). Чтобы при сборке не перепутать крышки и шатуны, их клеймят.

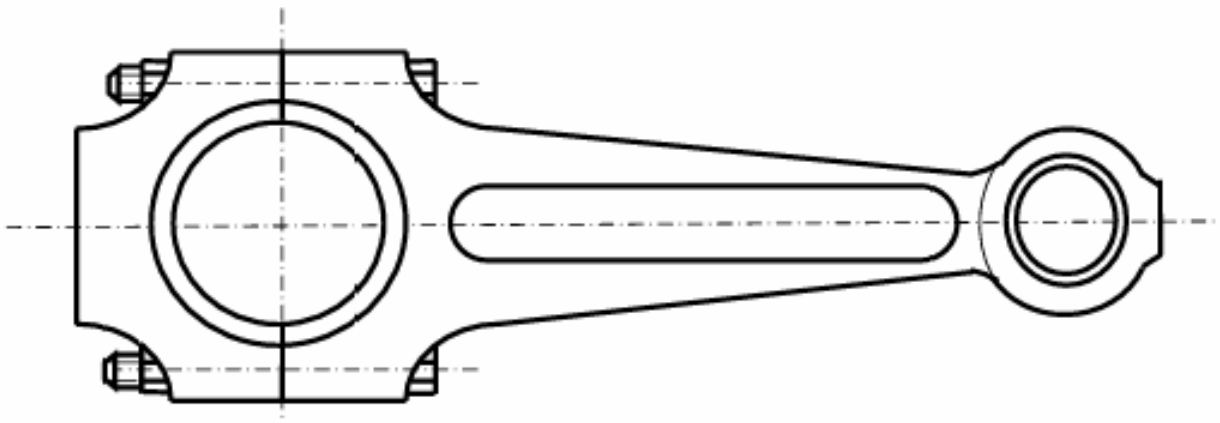


Рис. 1.2. Пример не взаимозаменяемых деталей, входящих в сборочный узел