

Студенты гр. 10402319: Ван Ихань, Ван Щэнцяо
 Научный руководитель – Зеленин В.А.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Шатун является важной частью ДВС, его роль заключается в передаче возвратно-поступательного движения поршня коленчатому валу. Шатун испытывает сложное напряженное состояние сжатия и изгиба, что требует, чтобы он обладал высокой прочностью, усталостным сопротивлением, а также достаточной жесткостью.

Конструкция рассмотренного в статье шатуна отличается высокой точностью обработки, соответствующей современным требованиям к качеству комплектации двигателей. Приведена технология изготовления шатуна на существующем технологическом оборудовании, обеспечивающая снижение производственных затрат и повышение эффективности работы ДВС.

1 Конструкция шатуна

Шатун состоит из стержня, соединяющего верхнюю поршневую и нижнюю кривошипную головки (рисунок 1). В качестве материала для его изготовления используют высококачественную сталь 35CrMoA с пределом прочности > 980 МПа. Зубчатая поверхность разъема стержня с нижней половиной кривошипной головки наклонена к оси под углом 45° . Межосевое расстояние между отверстиями головок $\varnothing 25+0.045+0.03$ и $\varnothing 57H6$ составляет 117 ± 0.05 мм.

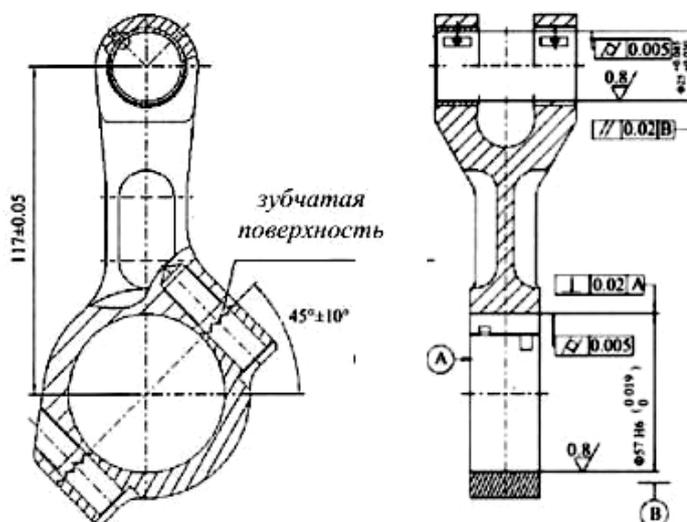


Рисунок 1 – Шатун ДВС

2 Анализ технологичности конструкции

Анализ технических требований показал, что трудности изготовления шатуна связаны с выбором базы, с точностью обработки отверстий головок с требуемыми допусками размеров, формы и взаимного расположения, а также с присоединением нижней части кривошипной головки к стержню шатуна по зубчатой поверхности высокой точности ввиду ее легкой деформации при сложной обработке [1].

2.1 Выбор базы для обработки

Анализ показал, что все шесть сторон шатуна не имеют пригодных для базирования и надежного его закрепления поверхностей. Штамповка заготовки без нижней части

кривошипной головки также неприемлема. Наиболее удобными для базирования и закрепления заготовки шатуна при обработке являются плоскости нижней головки при расстоянии между ними 91,7 мм и отверстие верхней поршневой головки, расположенное на расстоянии 128,6 мм от нижней плоскости. Штамповка заготовки шатуна и базовые поверхности показаны на рисунке 2.

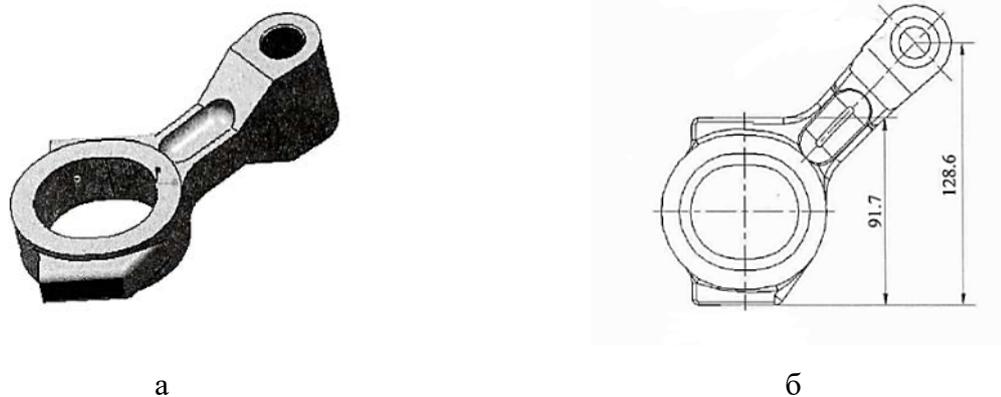


Рисунок 2 – Поковка шатуна (а) и базовые поверхности (б)

2.2 Точность обработки отверстий головок

Требования к точности обработки поверхностей отверстий головок высокие. Верхняя головка с отверстием $\varnothing 25H6$ должна иметь овальность до 0.005 мм. Нижняя головка состоит из двух деталей с зубчатыми поверхностями границы раздела. Чистовую обработку отверстия $\varnothing 57H6$ проводят после сборки головки с контролируемым натягом, т.е. с деформацией, поэтому технология изготовления должна обеспечить требуемую точность обработки.

2.3 Соединение стержня шатуна с нижней частью кривошипной головки

Требования к обработке зубьев треугольного профиля поверхностей раздела указаны на рисунке 3: шаг зубья $4.5 \pm 0.01 \times 90^\circ \pm 10'$; шероховатость Ra1.6; радиусы закругления R0.2; площадь контакта соединяемых деталей не менее 75%. Требования к обработке поверхностей соединения стержень – головка указаны на рисунке 3.

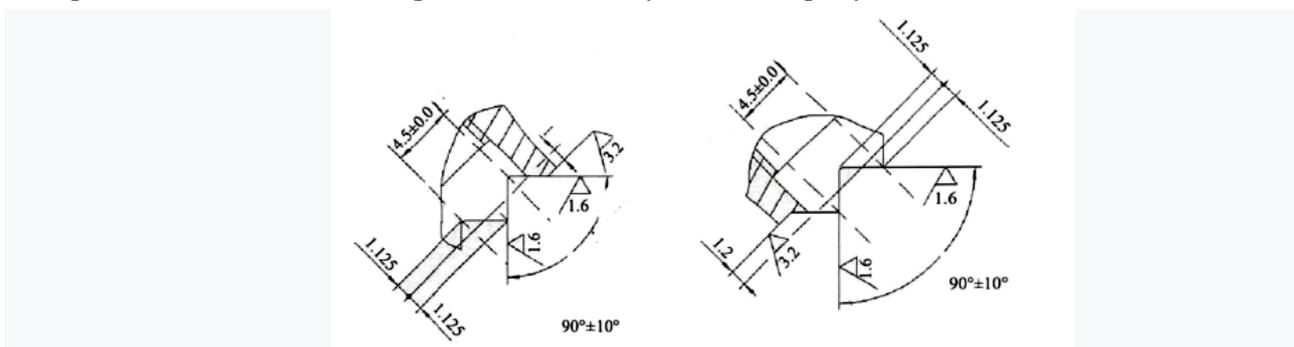


Рисунок 3 - Схема профиля зуба поверхностей соединения стержень – головка

3 Разработка технологии изготовления шатунов

Для разработки технологии изготовления шатунов были проведены исследования влияния способа обработки зуба треугольной формы на действительную площадь контакта соединяемых деталей. В соответствии с результатами испытаний, наличием технологического оборудования и техническим уровнем производственного цеха, разработана технологическая схема изготовления шатунов.

Технологический процесс включает следующие основные операции:

1 Черновое фрезерование торцевых сторон верхней и нижней головок шатуна с допуском на последующую обработку 2 мм.

2 Фрезерование базовых плоскостей А и Б в размер 91,7 мм. При этом для обеспечения точности позиционирования деталей в качестве технологического оборудования используется вертикальный обрабатывающий центр с ЧПУ.

3 Сверление отверстия верхней головки $\varnothing 25H7$ с выдержкой размера 128.6 ± 0.015 мм. В процессе последующей обработки для обеспечения точности обработки шатунов используется унифицированный эталон.

4 Получистовое фрезерование плоскостей шатуна с припусками под дальнейшую обработку.

5 Резка шатуна по плоскости разъема шатунной головки с выдержкой угла 45° к оси стержня с припуском верхней части под нарезание зуба 1,5 мм.

Для резки вместо фрезерования с целью снижения деформаций в качестве технологического оборудования использовали линию FW2 проволочной резки. Качество изготовления зубьев контролировали использованием красного порошка. Установлено, что фрезерование позволяет получить соприкосновение только на 60 % площади контакта из-за деформирования зубьев, а при проволочной резке эта площадь составляет более 80%, что соответствует проектным требованиям [2].

6 Сверление отверстий и нарезание резьбы $M12 \times 1 - 6H$.

7 Сборка шатуна в соответствии с требованиями к крутящему моменту затягивания.

8 Чистовое фрезерование торцевых плоскостей верхней и нижней головок шатуна.

9 Шлифование шатуна для обеспечения симметрии относительно осей до 0,03 мм.

10 Шлифование отверстия верхней головки с овальностью до 0.005.

Проведен анализ технологичности конструкции шатуна с кривошипной головкой, наклоненной под углом 45° к оси стержня. Показано, что трудности изготовления связаны с надежностью крепления нижней части головки к стержню шатуна. Исследовано влияния способа обработки зубчатых поверхностей раздела на действительную площадь контакта соединяемых деталей. Разработана технология изготовления шатуна с использованием вертикального обрабатывающего центра с ЧПУ и линии FW2 проволочной резки, что позволило повысить точность обработки поверхностей отверстий головок, снизить производственные затраты и повысить эффективность работы ДВС.

Список использованных источников

1. Гао, Юньвэй Технология обработки дизельных отверстий двигателя внутреннего сгорания / Юньвэй Гао, Фэньюй Чан, Юнминь Ван // Технология локомотивов. – 2017 (06). – С. 21–23.

2. Цинь, Цзяньцзянь Оптимизация дизельных соединений, основанных на многоостровных генетических алгоритмах / Цзяньцзянь Цинь, Хунинь Мао // Машинный дизайн и производство. – 2017 (04). – С. 218–221.