

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ МИКРОДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Злотников Е.Г., Алексеенко А.О.

*Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II,
Санкт-Петербург*

Ключевые слова: микродвигатель, гильза цилиндра, точность, притирка, хонингование, упрочнение, жаростойкость, износостойкость, токарная и фрезерная ЧПУ обработка.

Аннотация. Статья посвящена вопросам совершенствования технологии изготовления гильз цилиндров микродвигателей внутреннего сгорания. Также в статье разбираются различные аспекты производства гильз, включая выбор материалов, методы обработки и сборки. Особое внимание уделено оптимизации процесса изготовления гильз для повышения качества.

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF MANUFACTURING CYLINDER LINERS FOR MICRO INTERNAL COMBUSTION ENGINES

Zlotnikov E.G., Alekseenko A.O.

Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg

Keywords: micromotor, cylinder liner, accuracy, lapping, honing, hardening, heat resistance, wear resistance, CNC turning and milling.

Abstract. The article is devoted to the issues of improving the manufacturing technology of cylinder liners of internal combustion micro-engines. The article also examines various aspects of sleeve production, including the choice of materials, processing and assembly methods. Special attention is paid to optimizing the manufacturing process of sleeves to improve quality.

Введение

Микродвигатели внутреннего сгорания с рабочим объемом от 0,8 до 25 см³ широко используются в качестве силовой установки беспилотных летательных аппаратов, моделей кораблей, автомобилей, самолетов и др. Одной из основных деталей кривошипно-шатунного механизма двигателя является гильза цилиндра, внутри которой при движении поршня реализуется, как правило, двухтактный рабочий цикл. Несмотря на значительное развитие технологий, процесс изготовления гильз цилиндров микродвигателей внутреннего сгорания до сих пор остается сложным и требует высокой точности и качества.

Цель данной работы заключается в исследовании возможностей совершенствования технологии изготовления гильз цилиндров микродвигателей внутреннего сгорания.

Материалы и инструменты

Гильза цилиндра совместно с поршнем составляет поршневую группу двигателя. Рассмотрим ее конструкцию на примере гильзы цилиндра микродвигателя ЦСТКАМ 2,5 Д 3. Основными элементами конструкции детали является наружная поверхность $\varnothing 19^{+0,008}$ мм с буртиком, внутренняя поверхность $\varnothing 15^{+0,018}$ мм (зеркало цилиндра), впускные и выпускные окна (рис. 1).

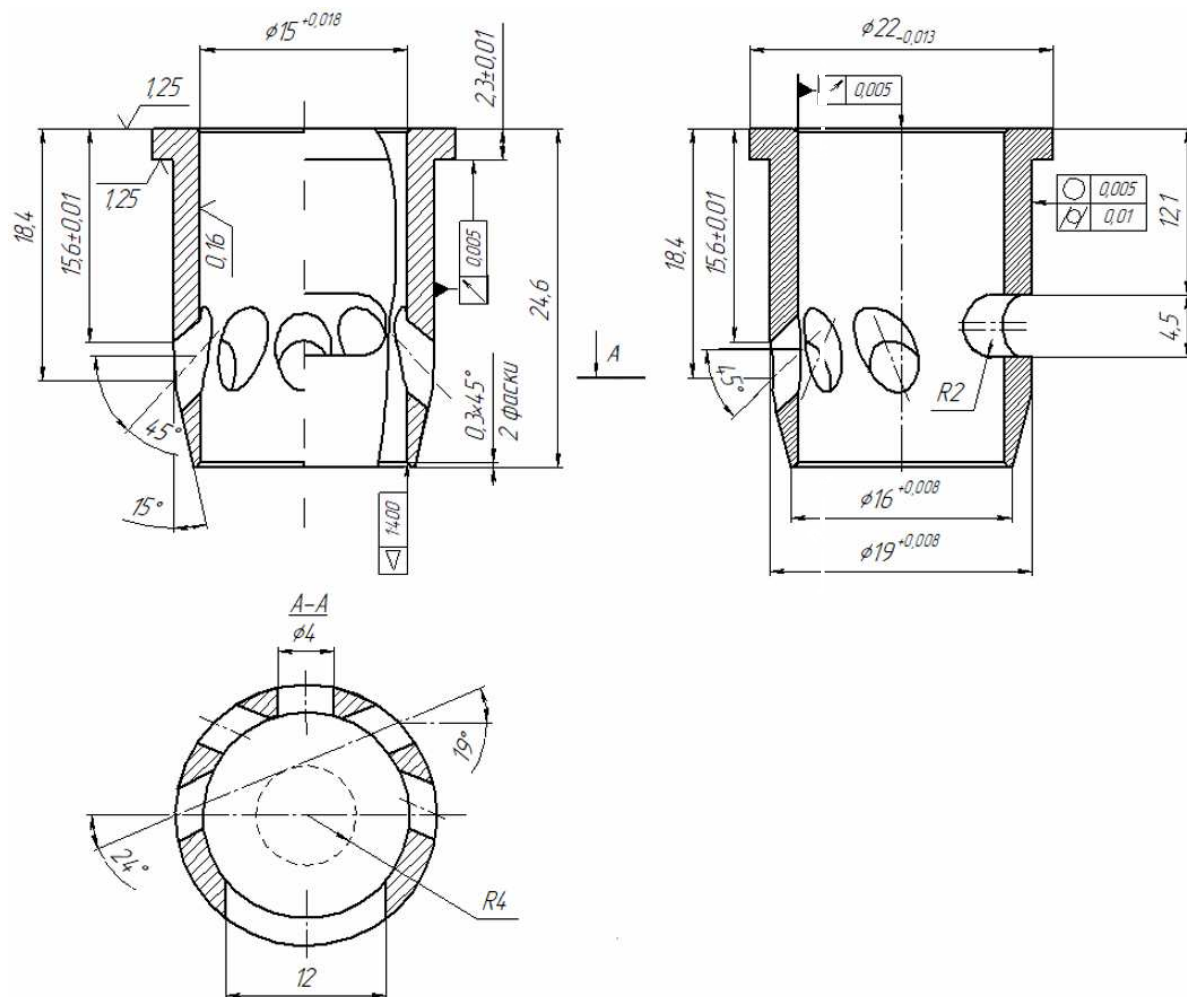


Рис. 1. Гильза цилиндра микродвигателя ЦСТКАМ 2,5 Д 3

Наибольшая точность элементов гильзы соответствует 6-7 квалитетам, минимально достигаемая шероховатость Ra 0,16 мкм, на чертеже также указаны достаточно высокие требования по взаимному расположению поверхностей и допуски формы. Особенностью геометрии зеркала цилиндра является наличие конусности 1:400, которая обеспечивает оптимальный зазор в паре с поршнем при достижении рабочей температуры двигателя.

Гильзы изготавливают из различных материалов, таких как, чугун, сталь, латунь, алюминиевые сплавы. Основные требования, предъявляемые к материалу гильзы: высокие прочность, износостойкость, жаростойкость, соответствие коэффициента линейного расширения материалу поршня.

Последние годы более популярны стали гильзы, изготовленные из латуни, бронзы или алюминиевых сплавов, внутренняя поверхность которых покрыта пористым хромом или твердым никелем [1-3].

Процесс изготовления гильзы цилиндра включает в себя первоначально обработку токарным методом, затем фрезерование окон. Технологический процесс предусматривает химико-термическую обработку для гильз из стали и чугуна, а также нанесение износостойких покрытий (твердый пористый хром, никель-фосфор и др.). Для финишной доводки наружной и внутренней поверхностей гильзы применяют шлифование, хонингование, притирку. До термообработки и нанесения покрытий фрезеруют окна гильзы обычно на станках с вертикальной головкой.

Совершенствование технологии изготовления

Изготовление гильз цилиндра – это длинный и сложный процесс, на всех этапах которого должны строго соблюдаться все параметры детали. Начиная с правильного построения чертежа, точно подобранных допусков, заканчивая, верно выбранными режимами и способами доводки детали. С развитием современного машиностроения, возрастают и технологические возможности при изготовлении гильз.

Для совершенствования процесса токарной обработки заготовки вместо универсальных станков предпочтительнее использовать современные высокоточные токарные станки с ЧПУ. Фрезерование каналов и окон эффективнее выполнять на 5-осевых фрезерных станках с ЧПУ (рис. 2).

Это позволяет избежать множества погрешностей, связанных с такими параметрами универсальных станков, как наличие упругих деформаций в технологической системе, люфтов в приводах подачи. Также упрощается конструкция станочных приспособлений, не требуются делительные устройства и др. Более жесткая конструкция и высокоточные приводы станков с ЧПУ позволяют снизить погрешности формы и размеров обрабатываемой заготовки, уменьшить вибрации и тепловые деформации в системе «станок-приспособление-инструмент-деталь», снизить погрешности, вызываемые колебанием толщины снимаемого припуска или твердости обрабатываемого материала [4].

При эксплуатации двигателя возрастает необходимость в повышении износостойких и антифрикционных качеств рабочей поверхности гильз. Повысить эти параметры можно с помощью различных методов упрочнения материала, например, используя хромирование поверхности зеркала цилиндра, или выполняя закалку гильз из черных металлов.



а



б

Рис. 2. а – этапы токарной и фрезерной обработки гильзы из прутка; б – фрезерование каналов на специальном 5-осевом станке, оборудованном высокоскоростным шпинделем (24000 мин^{-1})

Однако, у данных методов есть недостатки, например малая глубина насыщенного слоя (при хромировании) и геометрическая деформация (при закалке). Для предотвращения этих нежелательных дефектов подбираются оптимальные химические составы и режимы термообработки.

Притирка или хонингование – это завершающая обработка гильзы поршневого двигателя. Совершенствование этих процессов заключается в отказе от ручной обработки в пользу современных технологий – притирочных и хонинговальных станков. Окончательную обработку зеркала цилиндра производят с помощью чугунного или медного притира с изменяемым диаметром. Поверхность детали имеет при этом высокую чистоту обработки и микрорельеф, способствующий удержанию смазки [2]. Во время притирки абразивный порошок смачивают керосином или скипидаром. На притирку оставляют припуск, примерно равный 0,005...0,02 мм. Достигаемая точность формы при хонинговании составляет 0,01...0,02 мм для отверстий диаметром до 100...120 мм. Припуск на обработку 0,05...0,10 мм может быть снят за 1...2 мин [4].

В серийном производстве микродвигателей целесообразно производить разбивку готовых гильз на размерные подгруппы (в пределах допусков по чертежу) для последующей селективной сборки цилиндропоршневых пар [3, 4].

Заключение

Совершенствование технологии изготовления микродвигателя и его деталей является актуальной проблемой. В статье исследованы различные варианты улучшения и усовершенствования технологических процессов изготовления гильз цилиндров. Основное внимание обращено на использование высокоточного и производительного современного оборудования.

Список литературы

1. Зуев В.П., Камышев Н.П., Качурин М.Б., Голубев Ю.А. Модельные двигатели. Конструктивные особенности модельных двигателей: пособие для руководителей технических кружков. – М.: Просвещение, 1973. – 242 с.
2. Гусев Е.М., Осипов М.С. Пособие для автомоделистов – М.: ДОСААФ, 1980. – 145 с.
3. Мерзлякин В.Е. Микродвигатели серии ЦСТКАМ. – М.: Патриот, 1991. – 167 с.
4. Juraj H. FX Royal Racing Engines. How it is made // MATEC Web Conference. – 2022. – 41 p.

Сведения об авторах:

Злотников Евгений Глебович – к.т.н., доцент;

Алексеев Александр Олеговна – студентка.