

УДК 621.923.1

Разработка модели оборудования для последовательной отделочной обработки блоков шестерен авиационных двигателей

Караванова Алена Глебовна¹

ggglilo@mail.ru

Яковлева Анна Петровна^{2,3(*)}

yakovleva525@mail.ru

SPIN-код: 5021-3763

Албагачиев Али Юсупович³

albagachiev@yandex.ru

¹ ПК «Салют» АО «ОДК», Москва, Россия² МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия³ ИМАШ РАН, Москва, Россия

Аннотация. Проведен анализ гибридного оборудования для отделочной обработки зубчатых колес. Авторами предложена модель оборудования, на которой возможно производить зубошлифование и зубохонингование за один установ детали. Предложен вариант компоновки для последовательной отделочной обработки на базе зубошлифовального станка с вертикальной осью заготовки типа Reishauer RZ 250. Это позволит сократить время обработки, повысить точность за счет обработки за один установ и повысить качество поверхности зубьев блоков шестерен.

Ключевые слова: зубошлифование, зубохонингование, блоки шестерен, качество поверхности, отделочная обработка

Development of a model of equipment for sequential finishing of aircraft engine gear units

Karavanova Alena Glebovna¹

ggglilo@mail.ru

Yakovleva Anna Petrovna^{2,3(*)}

yakovleva525@mail.ru

SPIN-code: 5021-3763

Albagachiev Ali Yusupovich³

albagachiev@yandex.ru

¹ PK Salut JSC UEC, Moscow, Russia² BMSTU, Moscow, Russia³ IMASH RAS, Moscow, Russia

Abstract. The paper analyzes hybrid equipment for finishing processing of gear wheels. The authors propose a model of equipment that can perform gear grinding and gear honing in one setup of the part. A variant of the layout for sequential finishing processing based on a gear grinding machine with a vertical axis of the workpiece of the Reishauer RZ 250 type is proposed. This will reduce the processing time, increase the accuracy due to processing in one setup and improve the surface quality of the teeth of the gear blocks.

Keywords: gear grinding, gear honing, gear units, surface quality, finishing treatment

Введение. Современные тенденции мировых производителей сводятся к объединению операций на одной единице оборудования. Анализ работ ведущих ученых в области зубообработки, таких как Саушкина Б.П., Макарова В.М., Скибы В.Ю. и др. [1] показал возможность такого совмещения. Использование гибридного оборудования для совмещения операций дает возможность повышения точности обработки, а также значительного снижения штучного времени и себестоимости при изготовлении различных деталей.

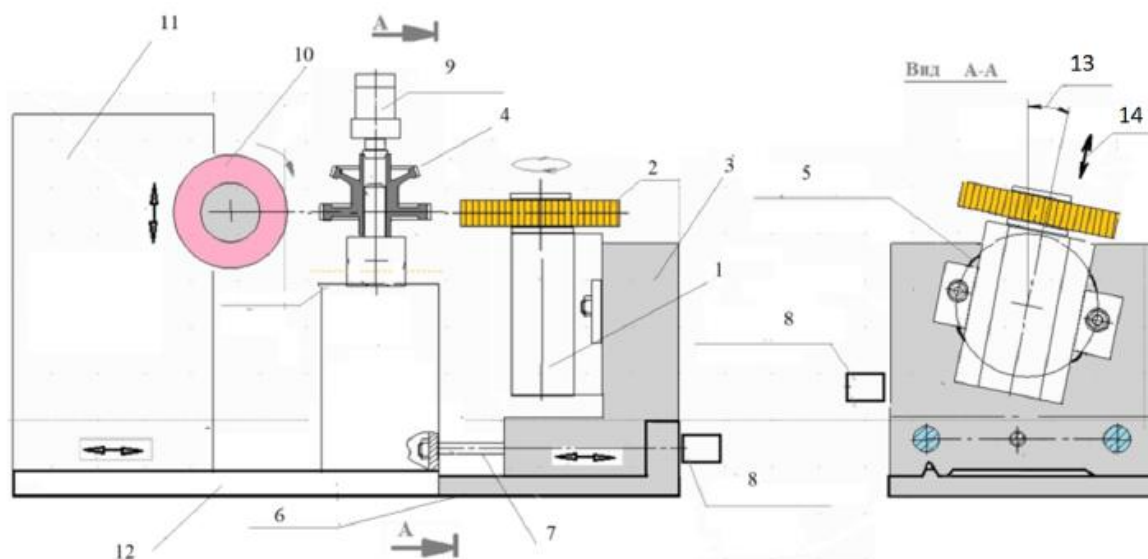
Предложенная в 2011 г. фирмой Reischauer технология зубошлифования с последующим полированием комбинированным червячным кругом расширяет возможности чистовой отделки зубьев. Обработка производится за один установ, для осуществления операции зубополирования обрабатываемая деталь перемещается в зону круга с более мелким зерном, предназначенную для полирования. Однако для полирования необходима высокая скорость вращения круга, что способствует возникновению прижогов на поверхности зубьев, а также уже имеющиеся шлифовочные прижоги и микротрещины невозможно устранить с помощью зубополирования из-за высокой скорости резания и малой толщины снимаемого слоя. Поэтому необходимо продолжить исследования в этой области и предложить решения, которые повысят точность и качество обрабатываемых деталей и снизят или исключат термические прижоги и трещины после обработки [2, 3].

Материалы и методы. Авторами разработан метод последовательной отделочной обработки [2–4] и предложена теоретическая модель оборудования, на котором возможно производить зубошлифование и зубохонингование за одну операцию (за один установ). Оборудование зубошлифовального станка с червячным кругом и хонем позволяет обрабатывать заготовку в одном положении закрепления (за один установ). Этот процесс отличается очень коротким временем чистовой обработки и высокой точностью в отношении суммарной погрешности шага, формы зуба и постоянной толщины зуба. Таким образом, можно устранить все недостатки двух отдельных процессов — зубошлифования и зубохонингования, а также получить явные преимущества:

- экономию основного и вспомогательного времени обработки с обеспечением высокого качества поверхности блоков шестерен;
- значительно снизить количество прижогов и термических трещин после зубошлифования [4–6].

Последовательная чистовая обработка зубчатых колес зубошлифованием — зубохонингованием реализована на оборудовании известных производителей, например Sambutensili S400GT. Но в современных условиях действующих санкций такое оборудование становится недоступным. Кроме того, обработка блоков шестерен на этом оборудовании крайне затруднена — возможны аварийные наезды при обработке.

Результаты. Имеющееся оборудование на ПО «Салют» можно дополнительно оснастить вспомогательными модулями для выполнения отделочных операций зубошлифования — зубохонингования (см. рисунок).



Дооснащение станка Reishauer RZ 250 хонем

Например, зубошлифовальный станок с вертикальным закреплением заготовки модели Reishauer RZ 250 можно доукомплектовать дополнительно подвижной бабкой 3 с закрепленным на ней хонем 2 через делительную плиту 3, обеспечивающую угол скрещивания хона 2 и заготовки 4. Подвижная бабка 3 (выделена серым цветом) имеет возможность перемещаться на горизонтальных направляющих 6, жестко закрепленных и привинченных к станине зубошлифовального станка 12 с вертикальной осью закрепления заготовки 4. Хонинговальная бабка имеет возможность перемещаться по направляющим с помощью шагового двигателя и ходового винта 7. Хон приводится во вращение с помощью частотнорегулируемого электродвигателя 1 переменного тока. Корпус электродвигателя с хонем имеет возможность поворачиваться на задаваемый при наладке станка угол скрещивания осей хона 2 и заготовки 4, который выставляется вручную. Устройство поворота хона 2 аналогично устройству делительной головки 9. Хон имеет также возвратно-поступательное движение 5 вдоль своей оси с помощью кулачкового механизма.

Принцип работы станка после дооснащения дополнительным модулем для зубохонингования: после операции зубошлифования шлифовальный круг 10 (схема обработки зубошлифованием не изменяется, конструкция станка сохранена) отходит от заготовки 4, и по команде ЧПУ станка подходит хон 2, проводится операция зубохонингования, затем хон возвращается на исходную позицию 2.

Заключение. Представленные авторами модели оборудования, на которых возможно производить зубошлифование и зубохонингование, имеют существенные отличия от аналогичного оборудования. Основное отличие от аналогов в том, что у станка Samputensili S400GT ось заготовки расположена горизонтально и имеются ограничения при обработке блоков шестерен, так как червячный круг и зубчатый хон расположены на одной оси. Предложенные модели компоновок позволят сократить время обработки, повысить

точность за счет обработки за один установ, продлить срок службы готовых деталей за счет лучшего качества поверхности зубьев зубчатых зацеплений.

Список источников

- [1] Макаров В.М., Лукина С.В. *Уникальная синергия гибридных станков*. URL: <http://www.ritm-magazine.ru/en/node/1651> (дата обращения 10.05.2025).
- [2] Албагачиев А.Ю., Караванова А.Г. Прочность и качество зубчатых колес после термообработки и финишной операции зубохонингования. *Проблемы машиностроения и автоматизации*, 2023, № 2, с. 4–11.
- [3] Караванова А.Г. Выбор абразивного инструмента и режимов резания для повышения качества зубчатых колес и блоков шестерен. *Главный инженер*, 2023, № 5, с. 544–553.
- [4] Калашников А.С., Моргунов Ю.А., Аббясов В.М., Караванова А.Г. Технологические возможности повышения прочности цилиндрических зубчатых колес. *Вестник машиностроения*, 2022, № 6, с. 47–42.
- [5] Албагачиев А.Ю., Яковлева А.П., Караванова А.Г. Повышение качества поверхности блоков шестерен комбинированной отделочной обработкой. *Проблемы машиностроения и надежности машин*, 2025, № 2, с. 51–58.
- [6] Албагачиев А.Ю., Яковлева А.П., Караванова А.Г. Повышение качества поверхностных слоев авиационных блоков шестерен комбинированной отделочной обработкой. *Научные технологии в машиностроении. XV Междунар. науч.-техн. конф.: матер.* Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2024, с. 253–256.