

### ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗУБЧАТЫХ ВЕНЦОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИДРОАБРАЗИВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В. М. МЕДУНЕЦКИЙ<sup>1</sup>, П. А. НИКОЛАЕВ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия  
E-mail: vm57med@yandex.ru

<sup>2</sup> АО „Равенство“, 198095, Санкт-Петербург, Россия

Рассмотрена возможность применения универсального оборудования гидроабразивной резки для изготовления зубчатых венцов. Исследования показали, что гидроабразивная резка на оборудовании NC3015S может заменить только черновое зубонарезание. Представлены результаты измерений рабочих поверхностей зубьев и выполнена оценка точности изготовления.

**Ключевые слова:** нарезание зубчатого венца, гидроабразивная резка, параметры шероховатости, микрогеометрия поверхности

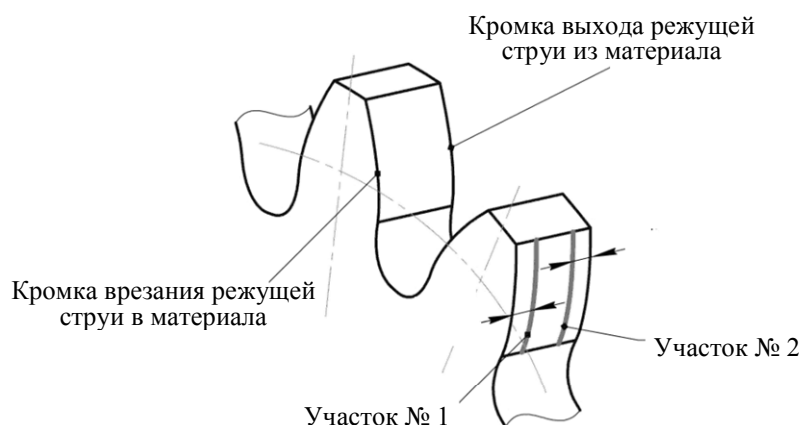
Обеспечение качества изготовления деталей со сложным профилем — всегда актуальная задача приборостроения и машиностроения [1]. Известно, что традиционные технологии нарезания зубчатых венцов требуют использования специализированного оборудования, инструмента и последовательного многоэтапного комплекса работ по обработке зубьев, чтобы достичь требуемого качества. Современные предприятия приобретают преимущественно универсальное оборудование для того, чтобы иметь возможность изготавливать различные виды изделий, в том числе в мелкосерийном варианте. Одной из перспективных и универсальных технологий является гидроабразивная резка, позволяющая обрабатывать фасонные детали [2]. Гидроабразивной технологией обрабатывают твердые материалы: металлы, композиты и керамику [3].

Используя технологию гидроабразивной резки, универсальную преимущественно для раскроя материала, возможно формировать сложнопрофильные детали, в том числе изготавливать зубчатые венцы.

На предприятии АО „Равенство“ на гидроабразивной установке NC3015S были изготовлены пробные образцы зубчатых венцов. С помощью специализированного программного обеспечения для гидроабразивной резки IGEMS были смоделированы траектории движения режущей струи по контуру зубчатого венца. Выявлено, что струей диаметром 1,5 мм возможно получить зубчатый венец с модулем не менее 1,5 мм. В САПР Компас-3D был спроектирован эскиз с контуром зубчатого венца (модуль  $m = 4$  мм, эвольвентный профиль по ГОСТ 13755-2015) и импортирован в программное обеспечение для гидроабразивной резки IGEMS, где были заданы параметры резки для листа толщиной 5 мм из нержавеющей стали марки 12X18H10T. Модуль выбирался таким образом, чтобы максимально облегчить последующие измерения зубчатых венцов.

Далее была измерена шероховатость боковых рабочих поверхностей изготовленных зубчатых венцов. Измерения выполнялись на различных участках (линиях), согласно рисун-

ку, на оборудовании Hommel Tester 8000t. На участке измерения № 1 среднее значение параметра шероховатости  $Ra = 2,65$  мкм, на участке № 2  $Ra = 3,77$  мкм при ширине зубчатого венца 5 мм.



Также были выполнены измерения микрогеометрии указанных участков по методу профессора В. А. Валетова (непараметрический метод). Было выявлено, что для равнозначных участков зоны гладкого реза различных рабочих поверхностей зубьев микрогеометрия имеет непостоянный характер. Это может быть обусловлено возникающими вибрациями в процессе резки. Чтобы их снизить, следует использовать специальные приспособления-опоры во время резки.

Измерения длины общей нормали показали, что изготовленные зубчатые венцы соответствуют степени точности 9-С\* в то время как на предприятии АО „Равенство“ зубчатые венцы изготавливаются по традиционной технологии со степенью точности 7-С.

Таким образом, выявлено, что нарезание зубчатых венцов на установке гидроабразивной резки NC3015S не позволяет полностью заменить типовую технологию их изготовления. Данная установка может обеспечить и заменить только черновое зубонарезание.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калашиников С. Н., Калашиников А. С., Коган Г. И. и др. Производство зубчатых колес: Справочник / Под общ. ред. Б. А. Тайца. М.: Машиностроение, 1990. 464 с.
2. Тихонов А. А. Повышение эффективности процесса гидроабразивной обработки: дис. ... канд. техн. наук. Ростов-на-Дону: Дон. гос. техн. ун-т, 2011. 157 с.
3. Балашов О. Е., Барзов А. А., Галиновский А. Л. и др. Ультразвуковая технология получения микросуспензий. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. 352 с.

### Сведения об авторах

- Виктор Михайлович Медунецкий** — д-р техн. наук, профессор; Университет ИТМО, кафедра технологии приборостроения; E-mail: vm57med@yandex.ru
- Павел Андреевич Николаев** — АО „Равенство“, инженер-технолог; E-mail: pashka9393@gmail.com

Поступила в редакцию  
07.10.14 г.

**Ссылка для цитирования:** Медунецкий В. М., Николаев П. А. Исследование технологии изготовления зубчатых венцов с применением гидроабразивного оборудования // Изв. вузов. Приборостроение. 2018. Т. 61, № 6. С. 549—551.

\* ГОСТ 1643-81. Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски.

**INVESTIGATION OF TECHNOLOGY OF GEAR CROWNS MANUFACTURING  
USING ABRASIVE WATER JET EQUIPMENT****V. M. Medunetsky<sup>1</sup>, P. A. Nikolaev<sup>2</sup>**<sup>1</sup> *ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia  
E-mail: vm57med@yandex.ru*<sup>2</sup> *JSC „Rawenstvo“, 198095, St. Petersburg, Russia*

The possibility of using waterjet cutting equipment for gear crowns manufacturing is considered. According to performed investigations, water-jet cutting with NC3015S equipment can replace only the roughing. Results of measurements of crowns working surfaces are presented and the accuracy of manufacturing is evaluated.

**Keywords:** ring gear cutting, hydro-abrasive cutting, roughness parameters, surface microgeometry

**Data on authors**

<b>Viktor M. Medunetsky</b>	—	Dr. Sci., Professor; ITMO University; Department of Instrumentation Technologies; E-mail: vm57med@yandex.ru
<b>Pavel A. Nikolaev</b>	—	JSC „Rawenstvo“; Process Engineer; E-mail: pashka9393@gmail.com

**For citation:** Medunetsky V. M., Nikolaev P. A. Investigation of technology of gear crowns manufacturing using abrasive water jet equipment. *Journal of Instrument Engineering*. 2018. Vol. 61, N 6. P. 549—551 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2018-61-6-549-551