

УДК 621.9

DOI:10.30987/2223-4608-2020-3-20-23

**В.А. Спирин**, к.т.н.,

**В.Ф. Макаров**, д.т.н.,

**О.А. Халтурин**, старший преподаватель

(Пермский национальный исследовательский политехнический университет,

614013, г. Пермь, ул. Академика Королева, 15)

E-mail: makarovv@pstu.ru; oleg-x@pstu.ru

## Производительность глобоидного зубохонингования

*Производительность глобоидного зубохонингования определялась изменением длины общей нормали до и после обработки. В ходе выполнения экспериментальной части, съёмы определялись в зависимости от свойств обрабатываемого материала, характеристик абразивного слоя глобоидного хона и режимов обработки. Результаты экспериментов представлены в графической форме.*

**Ключевые слова:** съём; длина общей нормали; характеристика абразивного слоя; условия обработки.

**V.A. Spirin**, Can. Sc. Tech.,

**V.F. Makarov**, Dr. Sc. Tech.,

**O.A. Khalturin**, Senior lecturer

(Perm National Research Polytechnic University, 15, Academician Korolyov Str., Perm, 614013)

## Capacity of globoidal gear-honing

*A capacity is characterized by a value of material removal per time unit. A globoidal gear-honing capacity was defined by general normal changing before and after processing. In the course of an experimental part fulfillment the removals were defined depending on the properties of material worked, the abrasive layer characteristics of a globoidal hone and working modes. The experimental results are presented in a graphical form.*

**Keywords:** removal; length of general normal; abrasive layer characteristic; processing condition.

### Введение

Производительность обработки характеризуется величиной съёма материала в единицу времени. Время обработки зависит от режимов обработки и при неизменных режимах остаётся неизменным, поэтому наиболее существенно на производительность влияет величина съёма материала с рабочих поверхностей зубчатого венца.

Изменение величины съёма обрабатываемого материала при глобоидном зубохонинговании в зависимости от условий обработки определялось как изменение съёма в направлении длины общей нормали ( $\Delta W_{fr}$ , мкм). Многочисленные измерения длины общей нормали до и после зубохонингования показали, что съём материала (разность между длинами общей нормали до и после обработки) зависит от физико-механических свойств обрабатываемого материала, его химико-

термической обработки, характеристик абразивного слоя инструмента и режимов обработки. Экспериментальные исследования позволили установить, что указанные параметры оказывают значительное влияние на величину съёма материала [1 – 4].

### Методика экспериментальных исследований

Экспериментальная проверка эффективности и производительности глобоидного зубохонингования проводилась при следующих исходных факторах:

- материалы образцов: сталь 45 (HB 200...220) и сталь 12ХНЗА цементированная (HRC 58...62);
- параметры режимов обработки:
  - скорость зубохонингования  $v$  в пределах 0,5...1,5 м/с,
  - величина радиального смещения  $t$  в

пределах 0,3...0,7 мм,

○ осевая подача (вдоль оси детали)  $S$  в пределах 1...3 мм/об;

• характеристики абразивного слоя инструментов:

- AC2 80/63 P18 50 %,
- AC6 125/100 P18 50 %,
- KP200/160 P18 50 %,
- AC6 125/100 P18 50 %.

В ходе экспериментов оценивалось изменение длины общей нормали при различных

комбинациях исходных факторов [5, 6].

### Результаты исследований

Результаты проведённых исследований по определению влияния условий обработки на величину съёма представлены на рис. 1 – 5.

На рис.1 представлены величины съёма (изменение длины общей нормали) в зависимости от свойств обрабатываемого материала и характеристик инструмента.

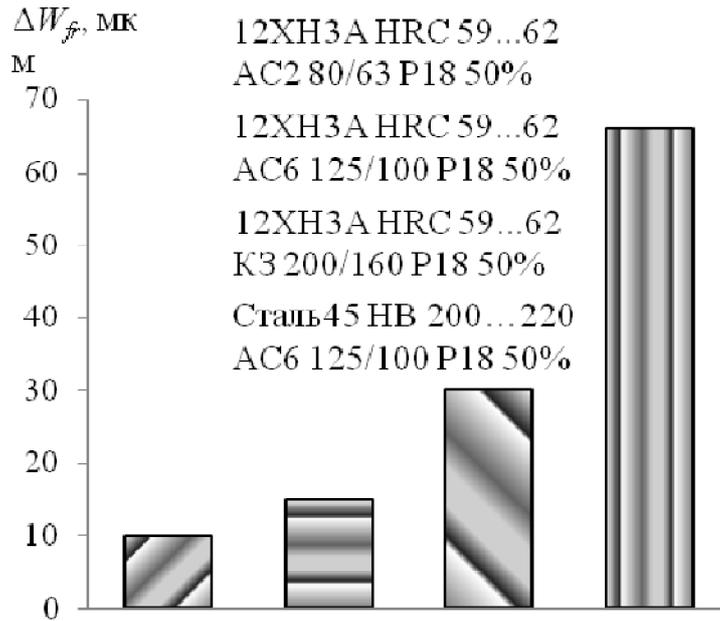


Рис. 1. Диаграмма величины съёма при различных характеристиках инструмента и различных обрабатываемых материалов (при  $v = 1$  м/с;  $t = 0,5$  мм;  $S = 2$  мм/об)

Основные закономерности сохраняются для закалённых и незакалённых сталей. При равных условиях обработки съём материала при обработке стали 45 (200...230 HB) в 4 раза больше, чем при обработке цементированной закалённой стали 12XH3A (58...62 HRC). Наивысшую производительность показал инструмент KP200/160 P18 50 % в основном за счёт преимуществ характеристик режущего зерна, обладающего более высокой, по сравнению с алмазом режущей способностью и прочностью. Кратность проходов инструмента увеличивает съёмы. Представленные графики получены при однопроходной обработке, что особенно важно при обработке сложнопрофильных деталей значительной длины, например, ротор винтового забойного двигателя.

Из рис. 2 видно, что значительное влияние на съём материала оказывает радиальное смещение  $t$ , определяющее силу резания.

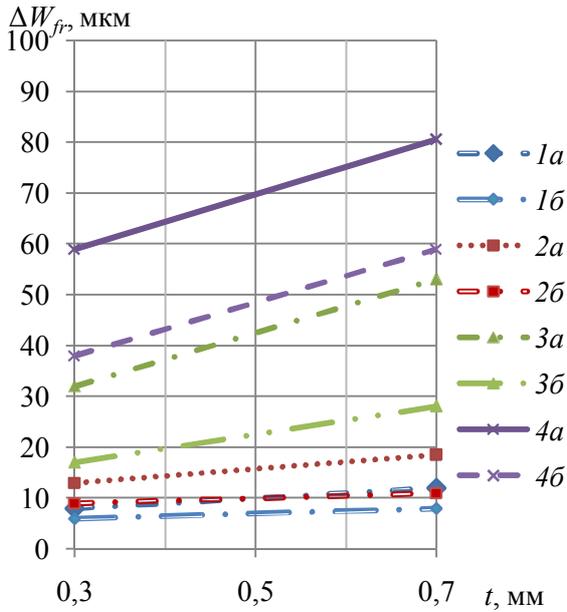
Изменение величины радиального смеще-

ния от 0,3 до 0,7 мм приводит к увеличению съёма приблизительно в 1,5 раза.

На рис. 3 и 4 представлены графики зависимости съёма материала при глобоидном зубохонинговании инструментами на упругой каучукосодержащей связке при изменении величины подачи инструмента.

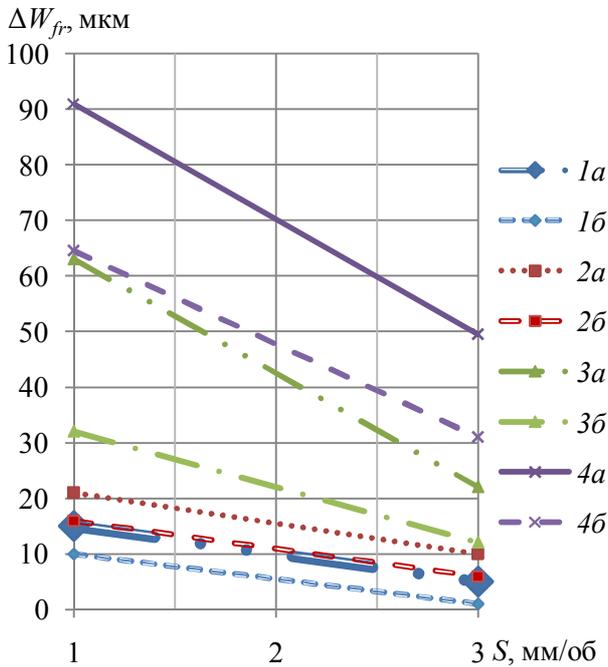
С увеличением продольной подачи инструмента  $S_{\Pi}$  в заданном диапазоне съём материала снижается в 2 – 3 раза. Это явление помимо количественных характеристик доказывает, что число проходов (или время обработки) значительно увеличивает съём материала. Снижение съёма материала при увеличении подачи с 1,0 мм/об до 3,0 мм/об весьма существенно.

На рис. 5 представлены графики зависимости съёма материала при глобоидном зубохонинговании инструментами на упругой каучукосодержащей связке при изменении скорости обработки.



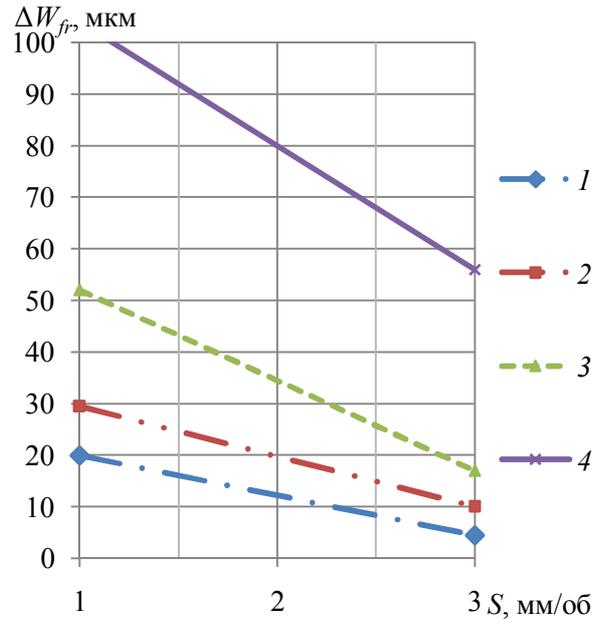
**Рис. 2. Зависимость съёма материала от радиально-го смещения  $t$  при режимах обработки:**

$a - v = 1,5$  м/с;  $S = 2$  мм/об или  $б - v = 0,5$  м/с;  $S = 2$  мм/об для материалов:  
 1 – 12ХН3А (HRC 58...62) АС2 80/63 P18 50 %;  
 2 – 12ХН3А (HRC 58...62) АС6 125/100 P18 50 %;  
 3 – 12ХН3А (HRC 58...62) КР200/160 P18 50 %;  
 4 – Сталь 45 (HB 200...230) АС6 125/100 P18 50 %



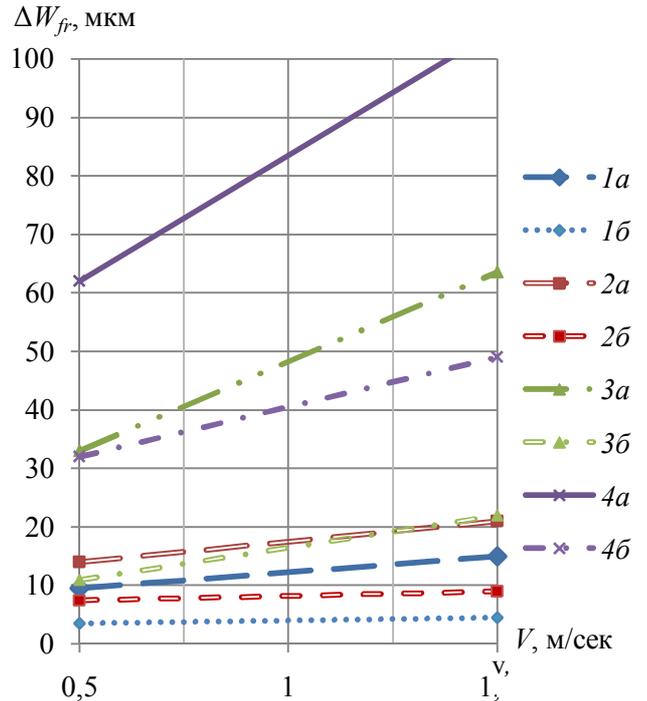
**Рис. 3. Зависимость съёма материала от величины подачи  $S$  при режимах обработки:**

$a - v = 1,5$  м/с;  $t = 0,5$  мм или  $б - v = 0,5$  м/с;  $t = 0,5$  мм для материалов:  
 1 – 12ХН3А (HRC 58...62) АС2 80/63 P18 50 %;  
 2 – 12ХН3А (HRC 58...62) АС6 125/100 P18 50 %;  
 3 – 12ХН3А (HRC 58...62) КР200/160 P18 50 %;  
 4 – Сталь 45 (HB 200...230) АС6 125/100 P18 50 %



**Рис. 4. Зависимость съёма материала от величины подачи  $S$  при  $v = 1$  м/с;  $t = 0,7$  мм для материалов:**

1 – 12ХН3А (HRC 58...62) АС2 80/63 P18 50 %;  
 2 – 12ХН3А (HRC 58...62) АС6 125/100 P18 50 %;  
 3 – 12ХН3А (HRC 58...62) КР200/160 P18 50 %;  
 4 – Сталь 45 (HB 200...230) АС6 125/100 P18 50 %



**Рис. 5. Изменение величины съёма материала при изменении скорости обработки  $v$  при режимах обработки:**

$a - S = 3$  мм/об;  $t = 0,5$  мм или  $б - S = 1$  мм/об;  $t = 0,5$  мм для материалов:  
 1 – 12ХН3А (HRC 58...62) АС2 80/63 P18 50 %;  
 2 – 12ХН3А (HRC 58...62) АС6 125/100 P18 50 %;  
 3 – 12ХН3А (HRC 58...62) КР200/160 P18 50 %;  
 4 – Сталь 45 (HB 200...230) АС6 125/100 P18 50 %

Скорость резания позволяет изменять режущую способность зёрен. Графики, представленные на рис. 5, показывают значительное увеличение съёмов материала при увеличении скорости обработки с 0,5 м/с до 1,5 м/с. Увеличение съёмов материала при этом происходит в 1,5 – 1,8 раза.

### Выводы

При глобидном зубохонинговании съёмы материала с рабочих поверхностей зубьев в 3 – 4 раза больше чем при дисковом зубохонинговании, которые составляют 0,05...0,10 мкм [3, 7].

Благодаря более высоким съёмам материала, предложенный способ зубохонингования позволяет управлять профилем зубчатых деталей путём изменения параметров установки инструмента.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Багайсков, Ю.С. Повышение эффективности зубохонингования инструментом на эпоксидной основе / Ю.С. Багайсков, Г.С. Генина, В.Ф. Заев // Технология автомобилестроения. Научн.-техн. реф. сб. М.: НИИНавтопром. – 1981. – №2. – С. 11 - 13.
2. Беляев А.Н. Экспериментальные исследования процесса зубохонингования // Станки и инструмент. – 1981. – № 1. – С. 22–24.
3. Бунтов, В.Н. Алмазное зубохонингование в производстве зубчатых колес / В.Н. Бунтов, В.В. Завин, А.В. Курищук. – Киев : [б. и.], 1974. – 6 с.
4. Спири, В.А., Макаров, В.Ф., Халтурин, О.А. Глобидное зубохонингование эвольвентных профилей // Научно-технические технологии в машиностроении. – 2019. – №5(95). – С.19 - 23.
5. Спири, В.А., Макаров, В.Ф., Халтурин, О.А. Износ абразивного слоя при глобидном зубохонинговании //

Научно-технические технологии в машиностроении. – 2019. – №6(96). – С.45 - 48.

6. Цепков А.В. Расчёт параметров установки дисковой фрезы для обработки винтовых стружечных канавок / А.В. Цепков, В.А. Спири, В.И. Савченко, В.К. Первозников // Тезисы докладов XI-й НТК инструментальщиков Урала «Повышение эффективности инструментального производства». Пермь, 1982. – С.33 – 35.

7. Гургал, В.И. Чистовая обработка зубчатых колёс алмазными инструментами. – Львов: Каменяр, 1977. – 67 с.

### REFERENCES

1. Bagaikov, Yu.S. Capacity increase in gear-honing by epoxide-based tool / Yu.S. Bagaikov, G.S. Genina, V.F. ZaeV // *Technology of Motor Industry. Scientif.-Tech. Abstract Collection* M.: NIINauprom. – 1981. – No.2. – pp. 11-13.
2. Belyaev, A.N. Experimental investigations of gear-honing process // *Machines and Tool*. – 1981. – No.1. – pp. 22-24.
3. Buntov, V.N. *Diamond Gear-Honing in Cog-Wheel Production* / V.N. Buntov, V.V. Zavin, A.V. Kurishchuk. – Kiev: [et al.], 1974. – 6 p.
4. Spirin, V.A., Makarov, V.F., Khalturin, O.A. Globoidal gear-honing of involute profiles // *Science Intensive Technologies in Mechanical Engineering*. – 2019. – No.5(95). – pp. 19-23.
5. Spirin, V.A., Makarov, V.F., Khalturin, O.A. Abrasive layer wear while globoidal gear-honing // *Science Intensive Technologies in Mechanical Engineering*. – 2019. – No.6(96). – pp. 45-48.
6. Tsepkov A.V. Parameter computation of disk milling cutter plant for screw chip groove machining / A.V. Tsepkov, V.A. Spirin, V.I. Savchenko, V.K. Perevoznikov // *Proceedings of the XI-th Scientific-Tech. Conf. of Urals Tool Makers "Capacity Increase of Tool Production"*. – Perm., 1982. – pp. 33-35.
7. Gurgal, V.I. *Cog-Wheel Finishing with Diamond Tools* / V.I. Gurgal. – Lvov: Kamenyar, 1977. – 67 p.

Рецензент д.т.н. Е.Д. Мокронос

