

# МАШИНОСТРОЕНИЕ. СТРОИТЕЛЬСТВО

---

---

МРНТИ 55.19.13

*К.Т. Шеров<sup>1</sup>, С.О. Тусупова<sup>1</sup>, А.К. Ракишев<sup>1</sup>, М.М. Мусеев<sup>1</sup>,  
Б.С. Доненбаев<sup>1</sup>, А.К. Шеров<sup>2</sup>, Т.Б. Курмангалиев<sup>3</sup>, А.К. Сарымбай<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Карагандинский государственный технический университет,  
г. Караганда, Казахстан

<sup>2</sup>Казахстанская авиационная индустрия, г. Нур-Султан, Казахстан

<sup>3</sup>Восточно-Казахстанский государственный технический университет  
им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, Казахстан

## КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА И ИСПЫТАНИЕ ТЕРМОФРИКЦИОННЫХ ИНСТРУМЕНТОВ, НАПЛАВЛЕННЫХ С ИЗНОСОСТОЙКИМИ НАПЛАВОЧНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

---

---

**Аннотация.** Разработаны способы термофрикционной обработки различных поверхностей деталей. Представлены результаты исследования по направлению повышения износостойкости термофрикционных инструментов путем наплавки износостойкими наплавочными материалами. Выполнены исследования и контроль качества наплавленных поверхностей магнитопорошковым методом неразрушающего контроля. Изготовленные термофрикционные инструменты с наплавкой из материала STOODY M7-G прошли испытание в процессе обработки различных материалов. Результаты экспериментальных исследований показали, что износостойкость термофрикционных инструментов с наплавкой из материала STOODY M7-G в сравнении с традиционными термофрикционными инструментами повышается 1,5÷2 раза.

**Ключевые слова:** Термофрикционная обработка, наплавка, наплавочный материал, износостойкость, фреза трения, пила дисковая.

• • •

**Түйіндеме.** Авторлар тетіктердің әр түрлі беттерін термофрикциялық еңдеу тәсілдерін әзірледі. Бұл мақалада термофрикциялық құралдардың тозуға тәзімді балқытушы материалдармен балқытып қаптау арқылы тозуға тәзімділігін арттыру бағыты бойынша зерттеу нәтижелері берілген. Балқытылған беттердің сапасы бұзбай бақылаудың магниттік ұнтақты әдісімен зерттеліп, бақылау жүргізілді. STOODY M7-G материалынан балқытылып қапталған термофрикциялық құралдар да түрлі материалдарды еңдеу процесінде сынақтан өтті. Эксперименттік зерттеулердің нәтижелері бойынша, STOODY M7-G материалынан жасалған қорытпамен балқытып қапталған термофрикциялық құралдардың тозуға тәзімділігі дәстүрлі термофрикциялық құралдармен салыстырғанда 1,5÷2 есеге артқан.

**Түйінді сөздер:** Термофрикциялық еңдеу, балқытпа, балқытылатын материал, тозуға тәзімділік, үйкеліс фрезасы, дискілі ара.

**Abstract.** The authors have developed methods for thermofriction processing of various surfaces. This article presents the results of the study for increasing the wear resistance of thermofriction tools by coating them with wear-resistant surfacing materials. The author conducted a research and quality control of deposited surfaces by the magnetic particle method of non-destructive testing. Manufactured thermofriction tools with surfacing made of STOODY M7-G material have also been tested in the processing of various materials. The results of experimental studies showed that the wear resistance of thermofriction tools with coating made of STOODY M7-G in comparison with traditional thermofriction tools increases by 1.5÷2 times.

**Keywords:** Thermofriction treatment, surfacing, surfacing material, wear resistance, friction mill, circular saw.

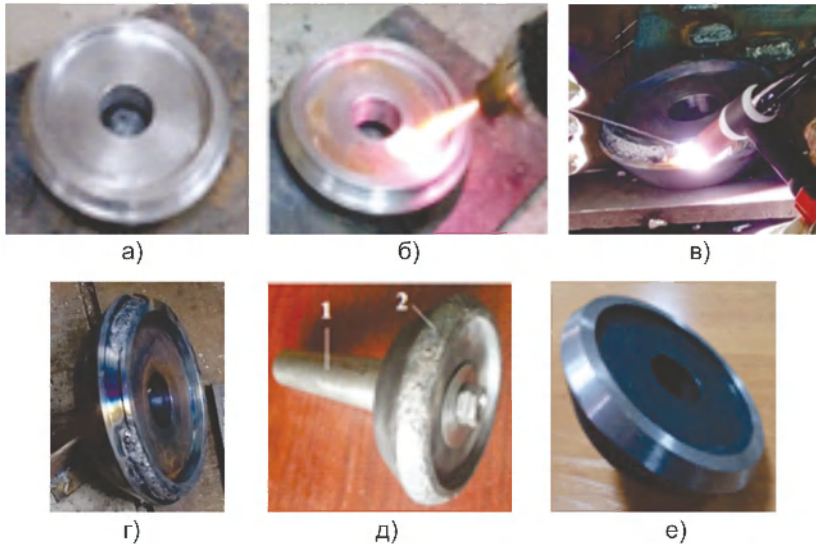
**Введение.** Традиционная технология термофрикционной отрезки основана на разупрочнении обрабатываемого материала в зоне резания за счет высокой скорости трения скольжения [1-5]. При этом, чем выше скорость, тем больше количества тепла аккумулируется на контакте [6,7]. Вследствие этого обрабатываемый материал подвергается большому разупрочнению, а режущий диск сохраняет прочностные свойства из-за минимизаций нахождения конкретного участка периферии диска в контакте [8,9]. Однако чрезмерное увеличение скорости приводит к ужесточению требований, предъявляемых к оборудованию. Так, средняя стоимость станка при увеличении скорости с  $V=30$  м/с до  $V>70$  м/с возрастает в 5÷7 раз, увеличивается также и расход электроэнергии (станки для термофрикционной отрезки оснащают двигателями 22-40 кВт). В зарубежной литературе процесс термофрикционной резки заготовки характеризуют как высокопроизводительный метод разделения холодных и горячих заготовок из различных материалов, с основным недостатком, присущим этому процессу – образованию крупных заусенцев на торцах разрезаемой заготовки [10-12]. Таким образом, к основным недостаткам термофрикционной обработки следует отнести шум, создаваемый диском в процессе работы на больших скоростях, образование крупных заусенцев на торцах, сложность разрезания тонкостенных изделий [13-16]. Основное достоинство данного метода резки – это технологическая простота, дешевизна и высокая производительность реза. Однако вышеуказанные недостатки технологии термофрикционной обработки сдерживают его широкое внедрение в производство. Одним из основных научных направлений кафедры ТОМиС КарГТУ является «Разработка технологии термофрикционной обработки на малых скоростях». Под руководством про-

фессора Шерова К.Т. разработаны ресурсосберегающие способы термофрикционной обработки различных поверхностей деталей [17, 18].

Сущность механизма резания способом термофрикционной обработки на малых скоростях заключается в локализации теплового и деформационного полей в заготовке, что позволяет перевести внешнее трение между инструментом и отрезаемым материалом во внутреннее. В этом случае трение происходит между слоями отрезаемого материала. Приконтактный слой являясь наростом в традиционном понимании в теории резания защищает инструмент от износа. Указанное осуществляется за счет введения в зону резания импульсного охлаждения. В то же время охлаждающая жидкость, используемая для этого в зоне резания полностью охватывает инструмент в зоне свободного полива. В результате проведенных исследований было выявлено, что существует проблема, связанная со износостойкостью термофрикционных инструментов [19]. Для решения данной проблемы в работе [19,20] были определены направления научных исследований для повышения износостойкости термофрикционных режущих инструментов: разработка методики выбора материала режущего диска трения исходя из физико-механических свойств и химического состава обрабатываемой заготовки, разработка технологии изготовления режущего диска трения, способствующей упрочнению режущей части диска трения, повышение прочностных характеристик конструкционных сталей (Ст.50, Ст.65Г и др.) используемых для изготовления дисков трения путём улучшения химического состава, повышения износостойкости режущей части термофрикционных инструментов путем наплавки высокопрочными наплавочными материалами. Научные исследования выполнялись по направлению повышения износостойкости термофрикционных инструментов путем наплавки износостойкими наплавочными материалами [21,22].

**Методы исследования.** Методика исследования основана на известных методах [23,24]. Экспериментальные методы исследования были организованы и выполнены в лабораторных и производственных условиях. Неразрушающий контроль термофрикционных инструментов с наплавкой из материала STOODY M7-G проведен магнитопорошковым методом.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Наплавка термофрикционных инструментов было выполнена на лабораторной базе Казахстанского института сварки КарГТУ. На рисунке 1 показана фреза трения для термофрикционного фрезоточения с наплавкой из материала STOODY M7-G.



а – фреза трения для наплавки; б – процесс предварительного нагрева; в – процесс наплавки; г – фреза наплавленная в один слой; д - фреза наплавленная в два слоя: 1 – оправка; 2 - наплавка; е – фреза с наплавкой после механической обработки.

Рисунок 1 - Фреза трения для термофрикционного фрезоточения с наплавкой из материала STOODY M7-G

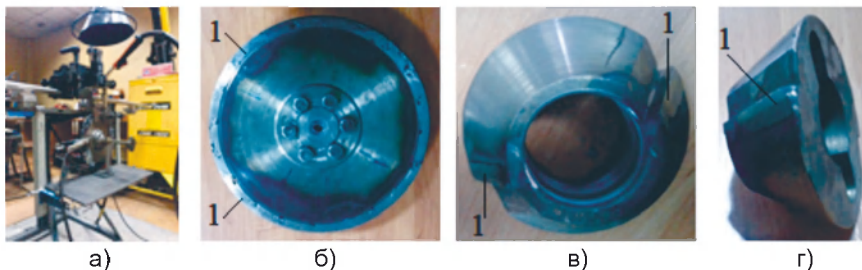
На рисунке 2 показаны чашечные резцы для ротационно-фрикционного резания с наплавкой из материала STOODY M7-G.



а – после наплавки; б – после механической обработки; 1 - наплавка.

Рисунок 2 - Чашечные резцы для ротационно-фрикционного резания с наплавкой из материала STOODY M7-G

На рисунке 3 показана пила дисковая для термофрикционной отрезки и конусная фреза трения для термофрикционного фрезерования с наплавками из материала STOODY M7-G.



а – процесс наплавки пилы дисковой; б – пила дисковая после механической обработки; в – конусная фреза трения, вид сверху; г – конусная фреза трения, вид сбоку; 1 – наплавка.  
Рисунок 3 - Пила дисковая для термофрикционной отрезки и конусная фреза трения для термофрикционного фрезерования с наплавками из материала STOODY M7-G

Для определения качества наплавленных слоев некоторые термофрикционные инструменты подверглись неразрушающему контролю. На рисунке 4 показаны образцы инструментов, подвергшихся контролю.



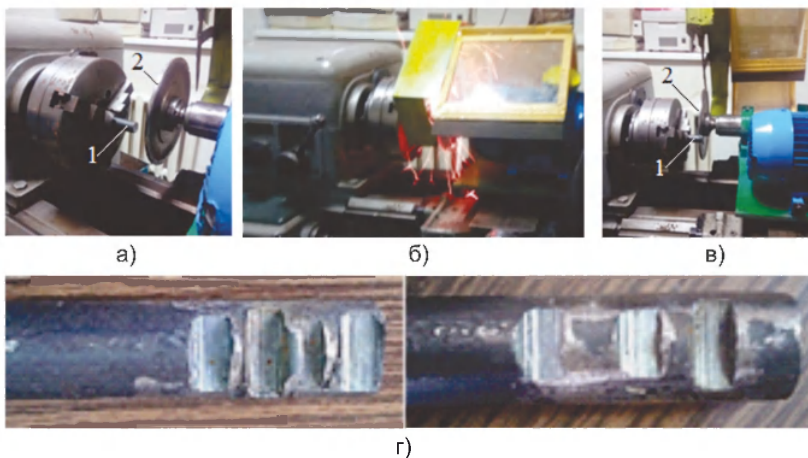
а) – чашечный резец; б) – конусная фреза трения  
Рисунок 4 - Образцы инструментов подвергшихся контролю

Неразрушающий контроль представленных образцов проведен в условиях испытательной лаборатории «Независимый неразрушающий контроль и диагностика» ЧУ «Аттестационный центр по неразрушающему контролю» (г. Караганда) в соответствии с нормативными документами – ГОСТ 21105-87 «Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод». Магнитопорошковая дефектоскопия проведена с целью определения наличия наружных несплошностей на поверхности объекта контроля. Результаты контроля представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты магнитопорошкового контроля

Объект контроля	Результаты контроля	Примечание
Ротационно-фрикционный чашечный резец	Индикаций не обнаружено	
Конусная фреза трения	Многочисленные индикации различной длины на поверхности объекта контроля	

Изготовленные термофрикционные инструменты с наплавкой из материала STOODY M7-G также прошли испытание в процессе обработки различных материалов. На рисунке 5 показаны процесс лабораторного испытания пилы дисковой с наплавкой из материала STOODY M7-G при термофрикционной отрезке.



а – наладка станка; б – процесс отрезки; в – после отрезки; г – некоторые обработанные образцы; 1 – образец-заготовка; 2 – пила дисковая  
Рисунок 5 - Процесс лабораторного испытания пилы дисковой с наплавкой из материала STOODY M7-G при термофрикционной отрезке

С помощью устройства для термофрикционной резки смонтированной на токарно-винторезном станке 1К62 были проведены экспериментальные опыты по испытанию пилы дисковой с наплавкой из материала STOODY M7-G. Диаметр пилы дисковой  $D=285$  мм и ширина  $b=6$  мм. Отрезка цилиндрической заготовки выполнялась при режимах: скорость пилы дисковой  $v=25-35$  м/с; подача заготовки  $S = 0,07-0,12$  мм/об. Во всех опытах пила дисковая абсолютно не нагревалась, трещины и сколы на рабочих поверхностях обнаружены не были. Экспериментальные исследования [25,26] проводились в условиях лабораторной базы кафедры ТОМиС КарГТУ, а также производства Алматинского завода тяжелого машиностроения. Результаты экспериментальных исследований показали, что износостойкость термофрикционных инструментов с наплавкой из материала STOODY M7-G в сравнении с традиционными термофрикционными инструментами повышается  $1,5\div 2$  раза.

**Выводы.** Выполнены научные исследования по повышению износостойкости термофрикционных режущих инструментов путем наплавки высокопрочным наплавочным материалом STOODY M7-G. В результате контроля качества наплавленных поверхностей термофрикционных инструментов магнитопорошковым методом дефектов не было обнаружено. Наплавленные термофрикционные инструменты прошли испытания в условиях лабораторной базы кафедры ТОМиС КарГТУ, а также производства Алматинский завод тяжелого машиностроения и показали хорошие результаты по обрабатываемости. Результаты экспериментальных исследований показали, что износостойкость термофрикционных инструментов с наплавкой из материала STOODY M7-G в сравнении с традиционными термофрикционными инструментами повышается  $1,5\div 2$  раза.

### Список литературы

- 1 Нефедов С.И. Резка металлов. - М.: Машиностроение, - 2001. - 216с.
- 2 Крыськов А.Д. Технология фрикционного формообразования: монография / РВЛ КНТУ. - Кировоград, 2008. - 303 с.
- 3 Плахотник В.А., Покинтелица Н.И. Тепловые условия деформирования при термофрикционной обработке деталей // Вестник СевНТУ. Машиностроение и транспорт: сб. науч. тр.- 2010.- Вып. 107. - С. 80-84.

4 Струтинский В.Б., Покинтелица Н.И. Механизм формирования волнистой поверхности при термофрикционной обработке деталей // Вестник СевНТУ. Машиноприборостроение и транспорт: сб. науч. тр. - Севастополь, 2014. - Вып. 160. - С.161-169.

5 Вольф В.Ф. Пилы для резания горячего металла. Свердловск. «Уральский Политехнический институт», 1987. - 46с.

6 Веселовский С.И. Разрезка материалов. М. «Машиностроение», 1983. - 360 с.

7 Полянчиков Ю.Н., А.А. Банников и др. Повышение работоспособности и эффективности применения отрезных термофрикционных дисков / Вестник Саратовского государственного технического университета. - 2007. - №1, вып.3. - С. 41-46.

8 Селиванов А.Н., Насад Т.Г., Торманов С.Я. Экспериментальные исследования стружкообразования при обработке титанового сплава марки ВТ 1-0 методом высокоскоростного окружного фрезерования / Вестник СГТУ. 2011. №2(56). Выпуск 2.- С.138-144.

9 Зарубицкий Е.У., Костина Т.П. Фрезерование плоских поверхностей деталей металлическим диском трения. - Технология и организация производства, - Москва: Изд-во МГСУ - 1981, - №1, - с.32-33.

10 George W., Genevro A., Stephen S. Machine tools: processes and applications, Prentice Hall, - 1991. - 439p.

11 Pokintelitsa N., Levchenko E. Projecting parameters of a microprofile for a surface obtained as a result of the thermofrictional treatment // Procedia Engineering 2nd International Conference on Industrial Engineering (ICIE-2016). - 2016. - Vol. 150. - P. 1013-1019.

12 Pokintelitsa N., Levchenko E. Application of thermo-frictional and mechanical treatment complex method for production of parts with specific properties // Procedia Engineering 2nd International Conference on Industrial Engineering (ICIE-2017) 2017. - Vol. 206. - P. 1326-1332. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.10.639>.

13 Сизый Ю.А. Динамика нагрева и охлаждения фрикционного диска с учетом теплообмена с окружающей средой. — Известия вузов. Машиностроение. 1993. - №7, - С. 139-147.

14 Струтинський В.Б. Комплексні методи механічної обробки деталей, що реалізують особливості динаміки технологічної системи верстата / В.Б. Струтинський, М.І. Покинтелица // Вестник НТУУ «КПИ». Сер.: Машиностроение: сб. науч. тр. - Киев: НТУУ «КПИ», 2012. - Вып. 64. - С. 35 - 42.

15 Насад Т.Г., Игнатьев А.А. Высокоскоростная обработка труднообрабатываемых материалов с дополнительными потоками энергии в зоне резания: монография / Саратов. гос. техн. ун-т. - Саратов, 2012. - 112 с.



16 *Костина Т.П.* Исследование влияния режимов резания на расход мощности при обработке плоских поверхностей диском трения. - В сб.: Прогрессивные конструкции режущих инструментов и условия их эксплуатации. МДНТП, 1983. - С. 102-105.

17 *Шеров К.Т., Маздубай А.В. и др.* Способ термофрикционной отрезки металлических заготовок с охлаждением и конструкция дисковой пилы / Патент №31934 РК на изобретение. 30.03.2017г. Бюл. №6.

18 *Шеров К.Т., Мусаев М.М., Коккоз М.М.* Способ термофрикционного фрезоточения и фреза трения / Патент РК №32933 на изобретение. Опубликовано 05.07.2018. Бюл. №25.

19 *Шеров К.Т., Тусупова С.О.* Исследование износа термофрикционных режущих инструментов / Механика и технологии. - Тараз: Изд-во «Тараз университет» ТарГУ им. М.Х. Дулати, 2018.- №2(60)-С.7-16.

20 *Шеров К.Т., Маздубай А.В., Арапова Н.К.* Об износостойкости режущих дисков трения для термофрикционной обработки на малых скоростях // Труды международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации». Ч.3. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2017. – С.256-258.

21 *Тусупова С.О. Шеров К.Т.,* Способ повышения износостойкости термофрикционных инструментов // Материалы IV Междунар. науч.-практ. конференции: «Современные технологии в машиностроении и литейном производстве» – Чебоксары: Изд-во Чуваши ун-та, 2018. – С.335-339.

22 *Шеров К.Т., Тусупова С.О., Мусаева М.М.* Арнайы үйкеліс фрезасының кесуші бетіне STOODY-M7-G материалын балқытып қаптау процесі // Труды международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №11), 14-15 июня 2019 г. Часть 3. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2019. – С. 260-262.

23 *Материаловедение и технология металлов / Г.П.Фетисов и др.; Под ред. Г.П.Фетисова.* – М.: Высшая школа, 2000. – 638 с.

24 *Костин П.П.* Физико-механические испытания металлов, сплавов и неметаллических материалов. - М.: Машиностроение, 1990.- 256 с.

25 *Шеров К.Т., Доненбаев Б.С., Тусупова С.О.* Исследование способа ротационно-фрикционного растачивания отверстий больших размеров / Механика и технологии. - Тараз: Изд-во «Тараз университет» ТарГУ им. М.Х. Дулати, 2018.- №3(61)- С.32-42.

26 *Габдысалык Р., Шеров К.Т.* Экспериментальное исследование процесса фрезерования конусной поверхности с использованием специальных конусных фрез / Вестник Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева – Усть-Каменогорск: Изд-во ВКГТУ, 2019.- №1(83)- С. 163-168.

**Шеров К.Т.** - доктор технических наук, профессор,  
e-mail: shkt1965@mail.ru,

**Тусупова С.О.** - докторант, e-mail: suleeva.s@inbox.ru

**Ракишев А.К.** - доктор PhD, старший преподаватель,  
e-mail: r\_asset@mail.ru

**Мусаев М.М.** - доктор PhD, старший преподаватель,  
e-mail: kstu\_mmm@mail.ru

**Доненбаев Б.С.** - доктор PhD, старший преподаватель,  
e-mail: bahytshan09@mail.ru

**Шеров А.К.** - доктор PhD, руководитель КБ, e-mail: knyazluni@mail.ru

**Курмангалиев Т.Б.** - кандидат технических наук. старший преподаватель,  
e-mail: nomad007@mail.ru

**Сарымбай А.К.** - магистрант, e-mail: adya-95@mail.ru