ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ И ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

DOI: 10.26730/1999-4125-2021-1-5-15

УДК 621.914.1

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ГРАВИРОВАНИЯ БУКВЕННО-ЦИФРОВЫХ НАДПИСЕЙ НА ДЕТАЛЯХ МАШИН И ПРИБОРОВ

ENSURING THE QUALITY OF ENGRAVING ALPHANUMERIC INSCRIPTIONS ON MACHINE AND INSTRUMENT PARTS

Балашов Александр Владимирович,
канд. техн. наук, зав. кафедрой, e-mail: bavagtu@mail.ru
Aleksandr V. Balashov, C. Sc. in Engineering, head of department
Маркова Маргарита Ивановна,
канд. техн. наук, доцент, e–mail: margarita-markova@inbox.ru
Markova Margarita I., C. Sc. in Engineering, Associate Professor
Соломин Дмитрий Евгеньевич,
зав. лабораторией, e–mail: d147s@mail.ru
Solomin Dmitry E., head of laboratory

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, пр. Ленина, 46, г. Барнаул, 656038, Россия
Polzunov Altai State Technical University, 46 Lenin Avenue, Barnaul, 656038, Russian Federation

Аннотация:
В статье представлен анализ основных методов нанесения буквенно-цифровых надписей: ударный, электрохимический, химический, каплеструйный, лазерный, механический. Механическое гравирование является низкозатратным способом нанесения такой информации. Работа направлена на обеспечение качества гравирования буквенно-цифровых надписей. Определена зависимость размерного износа гравировальной фрезы от пути резания. Разработана структурная схема технологической системы контроля состояния гравировальной фрезы. Описан алгоритм контроля состояния режущего инструмента технологического комплекса гравирования технических надписей. Приведен пример реализации алгоритма на созданном технологическом комплексе гравирования технических надписей с контролем состояния режущего инструмента.

Ключевые слова: *Буквенно-цифровые надписи, гравирование, гравировальная фреза, размерный износ, контроль состояния режущего инструмента, технологический комплекс.*

Abstract:
The article presents an analysis of the main methods of applying alphanumeric inscriptions: impact, electrochemical, chemical, drop-jet, laser, and mechanical. Mechanical engraving is a low-cost method of applying such information. The work is aimed at ensuring the quality of engraving of alphanumeric inscriptions. The dependence of the dimensional wear of the engraving mill on the cutting path is determined. A block diagram of the technological system for monitoring the state of the engraving mill is developed. An algorithm for monitoring the state of the cutting tool of the technological complex for engraving technical inscriptions is described. An example of the implementation of the algorithm on the created technological complex for engraving technical inscriptions, with the control of the state of the cutting tool, is given.

Key words: *Engraving alphanumeric inscriptions, engraving, engraving mill, dimensional wear, monitoring the condition of the cutting tool, technological complex.*

В процессе производства деталей машин и агрегатов для их идентификации наносят буквенно-цифровые надписи, которые могут содержать информацию о наименовании, технических данных, времени изготовления и др. [1, 2]. Основными методами нанесения буквенно-цифровых надписей являются: ударный, электрохимический, химический, каплеструйный, лазерный, механический.

Сравнительный анализ методов [3-9], приведенный в таблице, показал, что основным преимуществом механического гравирования является его низкая стоимость и простота обслуживания. Надписи, нанесенные данным способом, не затираются и не блекнут в процессе эксплуатации, однако у данного способа есть недостатки – это более низкая скорость по сравнению с лазерной маркировкой и размерный износ режущего инструмента, который влияет на качество формируемой буквенно-цифровой надписи.

Следовательно, исследования, направленные на повышение эффективности операций механического гравирования технологических надписей, являются актуальными.

Целью работы являлось обеспечение качества гравирования буквенно-цифровых надписей.

Для достижения цели решались следующие задачи:

1. Определение зависимости износа гравировальной фрезы от пути резания.

2. Разработка структурной схемы технологической системы контроля состояния гравировальной фрезы.

Для решения первой задачи проведены эксперименты по механическому гравированию полос длиной 50 мм на заготовке из стали 45 (рис. 1) [10, 11] с подачей от 5 до 100 мм/мин на гравировально-фрезерном станке Lynx 3D-020 конической однозубой гравировальной фрезой (гравером) из твердого сплава Т5К10, диаметром D2=3,125 мм, углом A=7,5^0, размером T=0,1 мм (рис. 2) [12].

Гравирование выполнялось с подачей S=52

Метод	Параметр сравнения				
	Технологичность	Скорость нанесения	Сохранность	Себестоимость	Стоимость оборудования
Ударный	Удовлетворительная	Низкая	Средняя	Низкая	Низкая
Электрохимический	Низкая	Средняя	Средняя	Низкая	Высокая
Химический	Низкая	Средняя	Средняя	Низкая	Высокая
Каплеструйный	Средняя	Высокая	Низкая	Низкая	Низкая
Лазерный	Высокая	Высокая	Средняя	Низкая	Высокая
Механический (гравировка)	Высокая	Низкая	Высокая	Низкая	Низкая

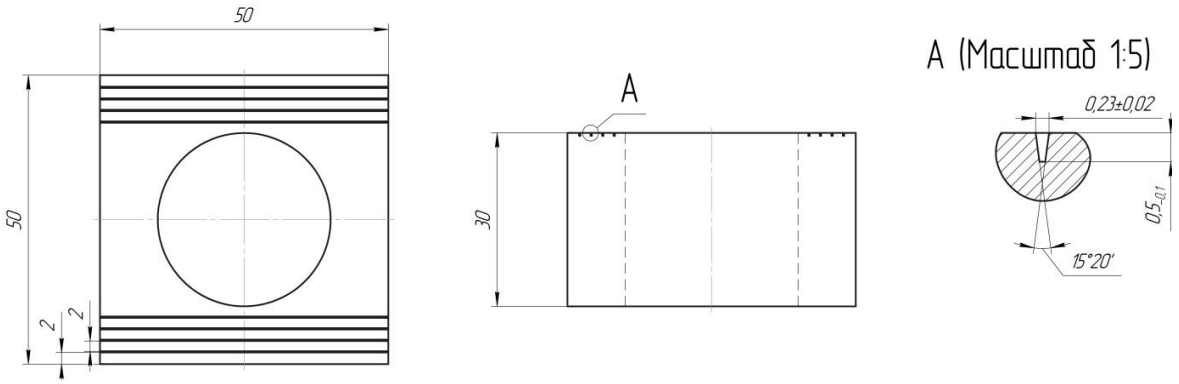

Рис. 1. Эскиз заготовки
Fig. 1. Billet sketch

Рис. 2. Гравер
Fig. 2. Engraver

мм/мин, частотой вращения шпинделя n=24000 мин$^{-1}$, глубиной резания t=0,3 мм, с применением СОЖ – индустриальное масло И-40.

Перед каждым проходом производили замер конической гравировальной фрезы на электронном микрометре МКЦ 25-50 мм.

Было выполнено 23 прохода по 50 мм и один проход по 20 мм, после которого произошла поломка гравера. На основании измерений длины гравировальной фрезы выявлена зависимость износа гравера от пройденного пути (рис.3).

Для решения второй задачи разработана структурная схема технологического комплекса гравирования технических надписей (рис. 4).

Технологический комплекс гравирования технических надписей с контролем состояния режущего инструмента состоит из фрезерно-гравировального станка с ЧПУ, динамометра, усилителя, аналого-цифрового преобразователя, задающего и сравнивающего устройств.

Сигнал, снимаемый с динамометра, поступает через усилитель и аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) на вход сравнивающего устройства, где сравнивается с заданным значением. Результирующий сигнал воздействует на систему ЧПУ для технологического останова управляющей программы для замены режущего инструмента.

В соответствии с разработанной схемой (рис.4) создан технологический комплекс гравирования технических надписей с контролем состояния режущего инструмента (рис. 5).

Для работы технологического комплекса гравирования технических надписей с контролем состояния режущего инструмента установлен допустимый сигнал, подаваемый с задающего на сравнивающее устройство.

Проведен эксперимент по фрезерованию полос длиной 50 мм на заготовке из стали 45 твердосплавным однозаходным гравером Т5К10 с частотой вращения шпинделя n=24000 мин$^{-1}$, подачей S=52 мм/мин с применением

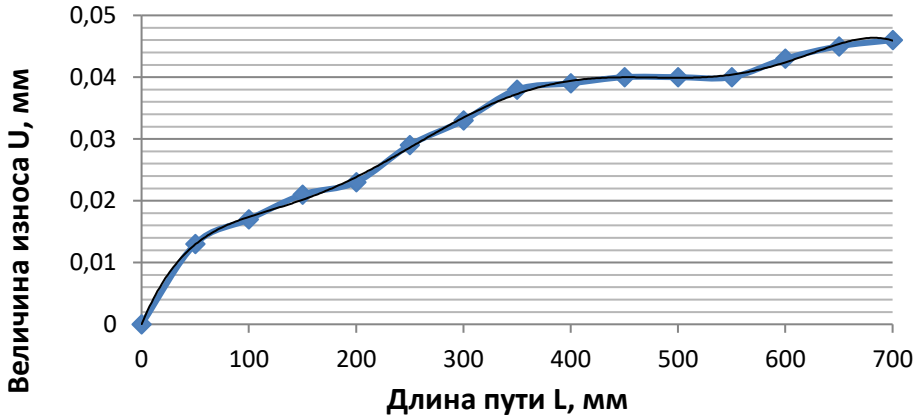

Рис. 3. Зависимость износа гравера от пути резания
Fig. 3. The dependence of the engraver's wear on the cutting path

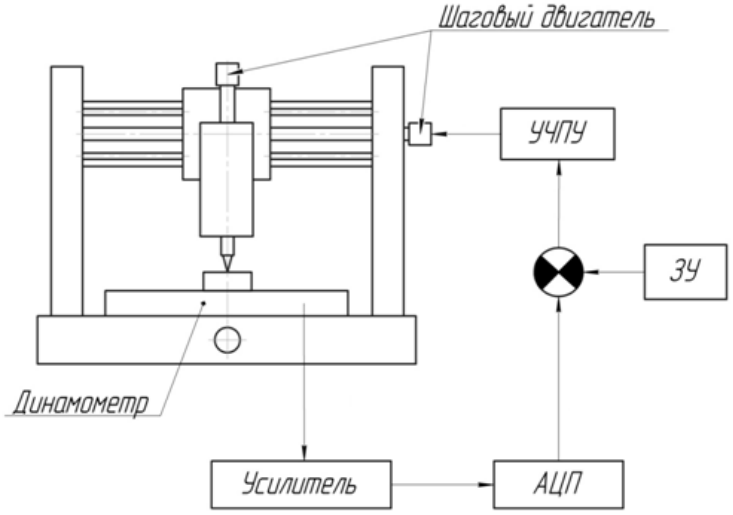

Рис. 4. Схема технологического комплекса гравирования технических надписей, с контролем состояния режущего инструмента
Fig. 4. The scheme of the technological complex of engraving the technical inscriptions, with the control of the state of the cutting tool

Рис. 5. Технологический комплекс гравирования технических надписей с контролем состояния режущего инструмента
Fig. 5. Technological complex for engraving technical inscriptions, with control of the state of the cutting tool

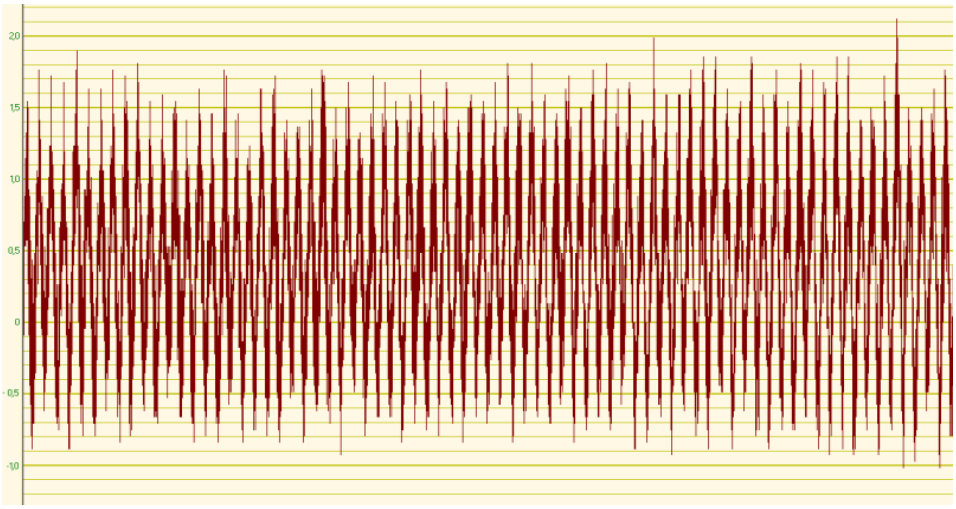

Рис. 6. Напряжение, формируемое пьезоэлектрическим датчиком и усилителем на пути резания, L=50 мм
Fig. 6. Voltage generated during cutting by piezoelectric sensor and amplifier, L=50 mm

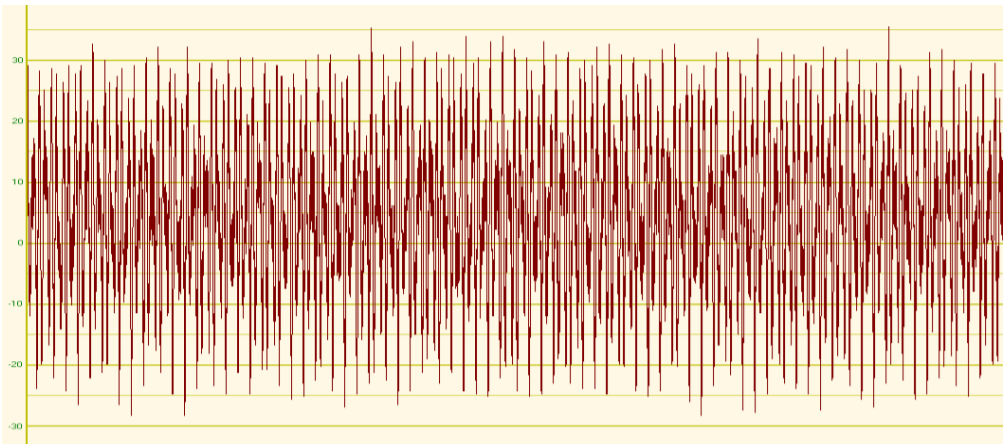

Рис. 7. Напряжение, формируемое пьезоэлектрическим датчиком и усилителем на пути резания, L=850 мм
Fig. 7. Voltage generated during cutting by piezoelectric sensor and amplifier, L=850 mm

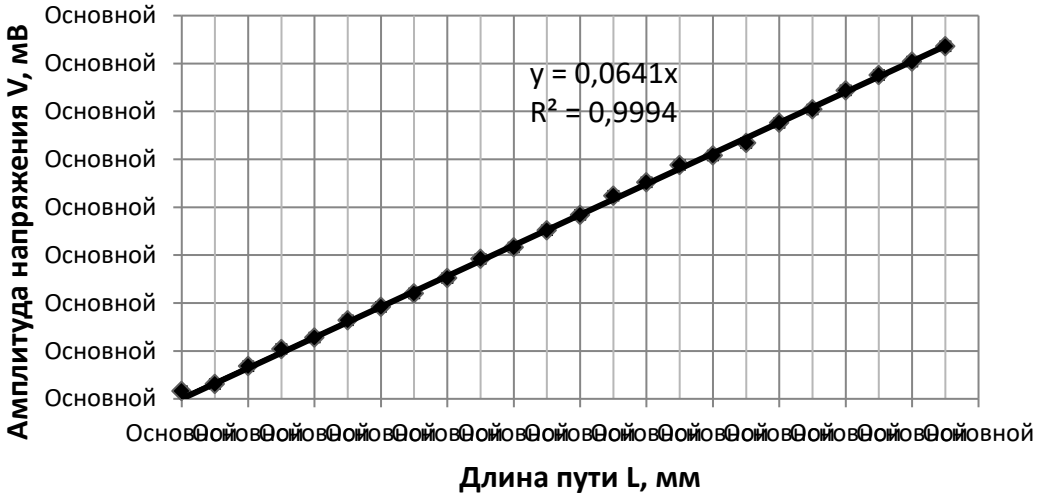

Рис. 8. Зависимость амплитуды напряжения от длины пути резания
Fig. 8. Dependence of the voltage amplitude on the cutting path length

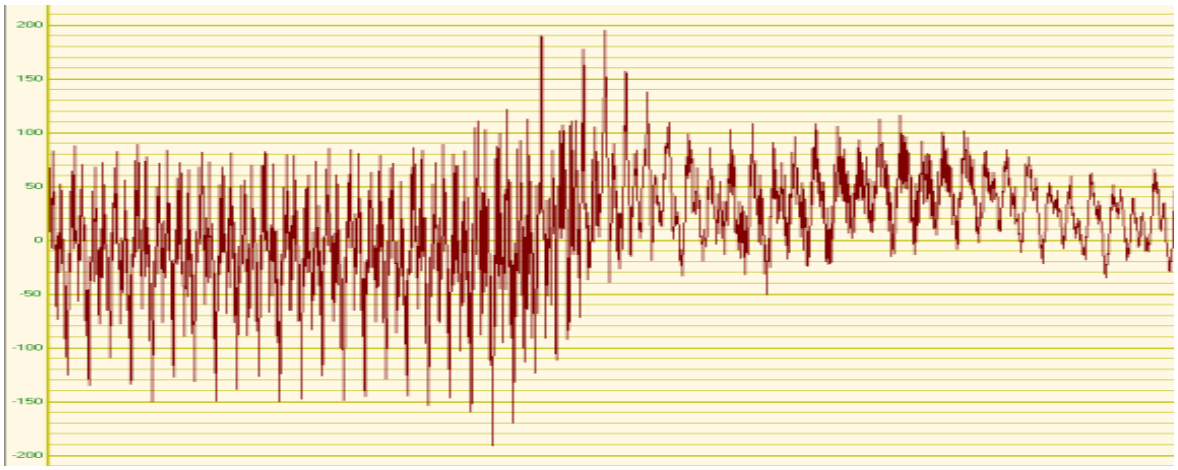

Рис. 9.Напряжение при поломке гравера
Fig. 9. Voltage in case of engraver failure

индустриального масла И-40. Амплитуда напряжения определялась с помощью программного обеспечения анализатора спектра ZET 017-U8. Формируемое напряжение пьезоэлектрическим датчиком динамометра и усилителем показано на рис. 6 и рис. 7.

Амплитуда напряжения определялась на пути резания от 50 до 1200 мм с шагом 50 мм. Зависимость амплитуды напряжения от длины пути резания приведена на рис. 8.

Определена амплитуда напряжения, при которой происходит поломка гравера. Амплитуда составляет 380 мВ, рис. 9.

Путем сопоставления зависимости амплитуды напряжения от длины пути резания (рис. 8) и зависимости размерного износа гравера от пути резания (рис. 3) определено влияние размерного износа на амплитуду напряжения (рис. 10).

По найденной зависимости определяется допустимая амплитуда напряжения, вводимая в задающее устройство технологического комплекса гравирования технических надписей с контролем состояния режущего инструмента, исходя из линейного износа гравера.

Для обеспечения точности размеров буквенно-цифровых надписей разработан алгоритм контроля состояния режущего инструмента технологического комплекса гравирования (рис. 11), состоящий из 12 блоков, в том числе цикла, и трех блоков сравнения.

Блок 1 – начало реализации алгоритма.

Блок 2 – исходные данные. Исходными данными являются управляющая программа, допустимая амплитуда напряжения на анализаторе спектра ZET 017-U8, частота измерения амплитуды напряжения, размер производственной партии заготовок, допустимый износ гравера.

Блок 3 – блок сравнения. Если партия заготовок обработана, то предусмотрен переход в блок 12. При оставшихся заготовках в производственной партии происходит переход в блок 4.

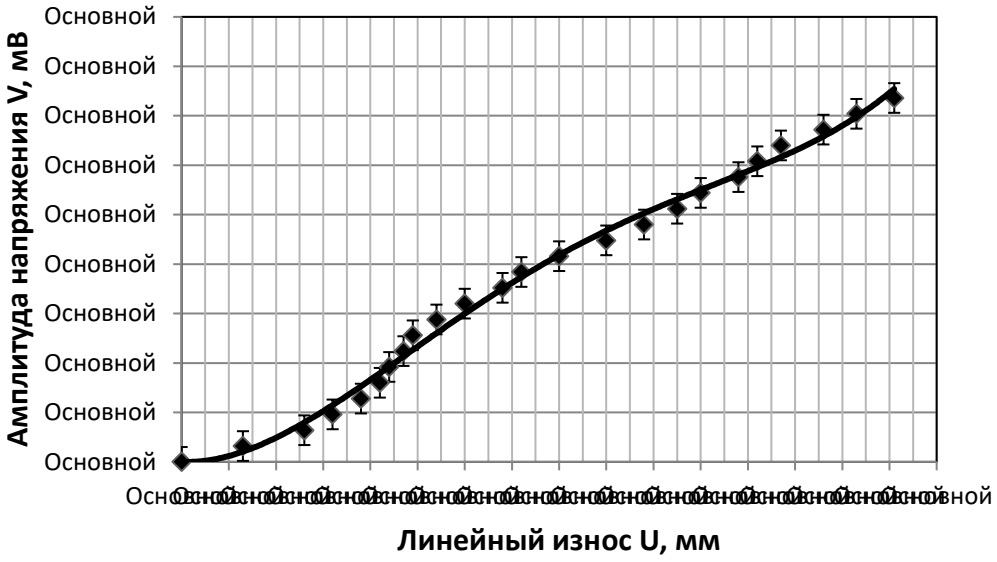

Рис. 10. Зависимость амплитуды напряжения от линейного износа
Fig. 10. Dependence of the voltage amplitude on linear wear

Блок 4 – блок прогнозирования износа режущего инструмента до завершения операции. В боке 4 исходя из зависимости размерного износа гравера от пути резания, рис. 4, допустимого износа гравера и пути резания на одну деталь определяется количество деталей, которое можно обработать одним гравером без его замены.

Блок 5 – блок сравнения. Если гравировальной фрезой возможно фрезерование буквенно-цифровой надписи без замены инструмента в ходе выполнения основного перехода, то следует выполнять блок 6. При невозможности фрезерования буквенно-цифровой надписи без останова предусмотрен переход в блок 10.

Блок 6 – блок запуска технологической операции.

Блок 7 – цикл. Запускается цикл для выполнения блока 8. Количество циклов определяется равным частоте запросов амплитуды напряжения в течение основного времени на выполнение технологической операции.

Блок 8 – блок сравнения. Контролируется амплитуда напряжения на анализаторе спектра ZET 017-U8 в ходе выполнения основного перехода. При превышении амплитуды напряжения допустимого значения происходит переход в блок 10. При допустимом значении амплитуды напряжения цикл повторяется.

Блок 9 – завершение технологической операции.

Блок 10 – технологический останов. Останов необходим для замены режущего инструмента.

Блок 11 – замена гравировальной фрезы.

Блок 12 – окончание алгоритма.

Проверка работоспособности алгоритма контроля состояния режущего инструмента технологического комплекса гравирования технических надписей осуществлялась при фрезеровании буквенно-цифровой надписи на заготовке вставки штампа подрельсовой подкладки, рис. 12 [13].

Материал заготовки – Сталь 45 ГОСТ 1050-2013.

Фрезерование буквенно-цифровой надписи осуществлялось коническим однозубым гравером из твердого сплава Т5К10 диаметром *D2*=3,125 мм, углом *A* = 7,5^0, размером Т=0,1 мм (рис. 2) в индустриальном масле И-40 с частотой вращения шпинделя n=24000 мин$^{-1}$, минутной подачей S=50 мм/мин.

Перед проверкой работоспособности алгоритма контроля состояния режущего инструмента на экспериментальном образце из Стали 45 ГОСТ 1050-2013 с описанными выше условиями гравирования формировалась открытая канавка длиной 3 мм, выходящая в торец заготовки.

Размеры профиля канавки измерялись на цифровом инструментальном микроскопе ММИ-2. Фотография поперечного сечения паза, полученная на микроскопе ММИ-2, приведена на рис. 13.

Анализ размеров сформированной канавки показал, что линейные и угловой размеры находятся в допустимых пределах согласно чертежу детали, рис. 12.

Согласно алгоритму контроля состояния режущего инструмента (рис. 11) исходными данными являлись: длина пути резания L=254 мм; управляющая программа; допустимая амплитуда напряжения на анализаторе спектра ZET 017-U8, V=51 мВ, определенная по рис. 11, при допустимом линейном износе гравера U=0,1 мм; партия деталей n=10 шт.

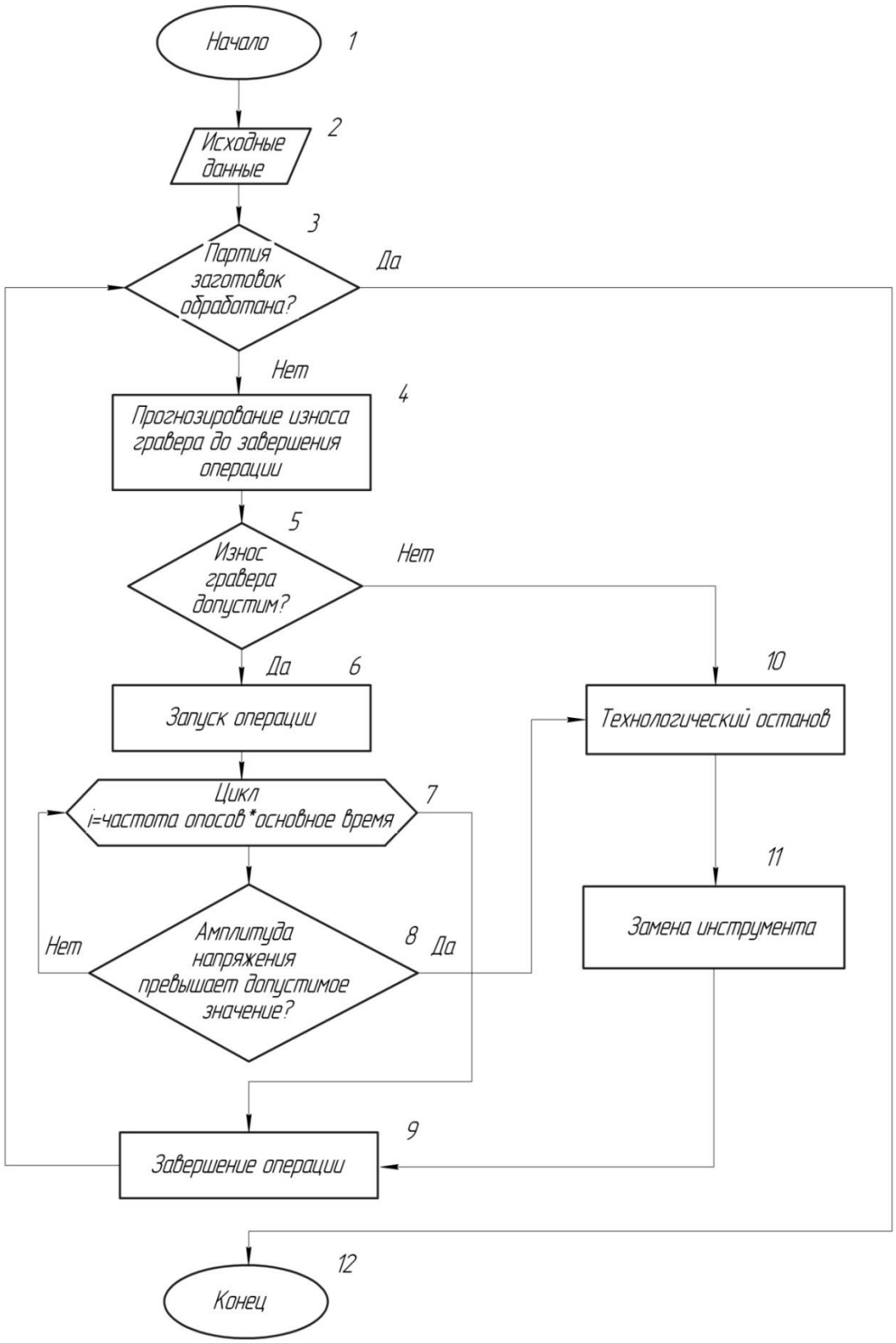

Рис. 11. Алгоритм контроля состояния режущего инструмента технологического комплекса гравирования технических надписей
Fig. 11. Algorithm for monitoring the state of the cutting tool of the technological complex for engraving technical inscriptions

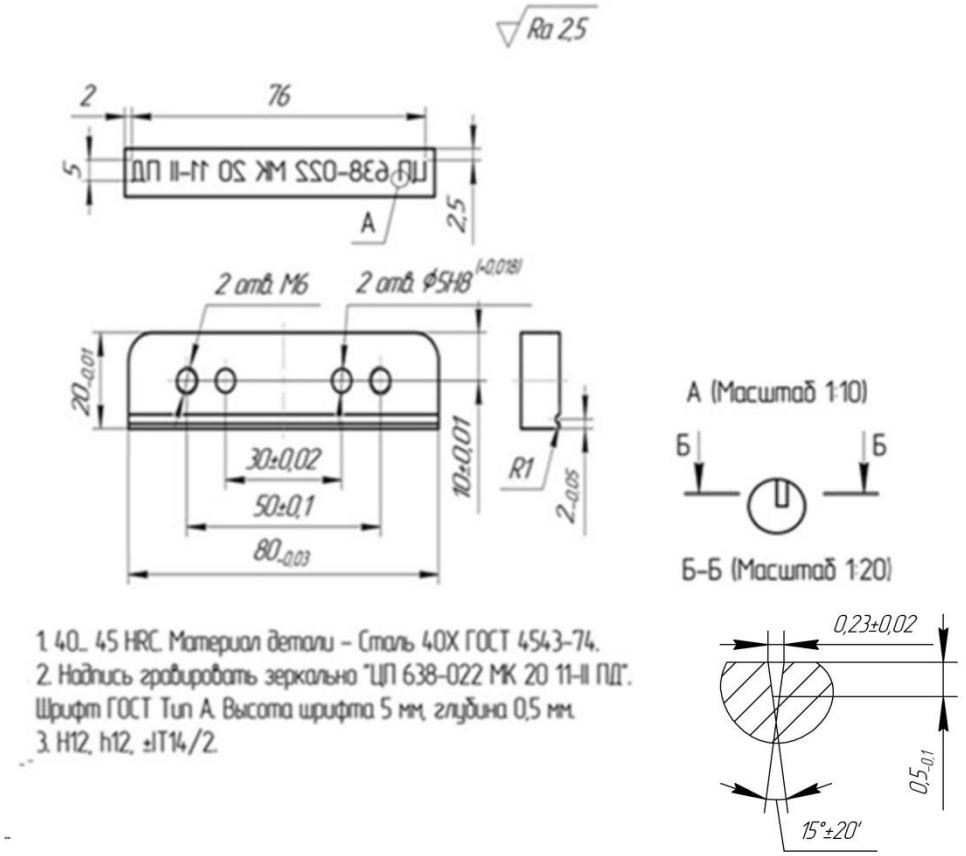

Рис. 12. Чертеж вставки штампа подрельсовой подкладки
Fig. 12. Drawing of the insert of the stamp of the under-rail lining

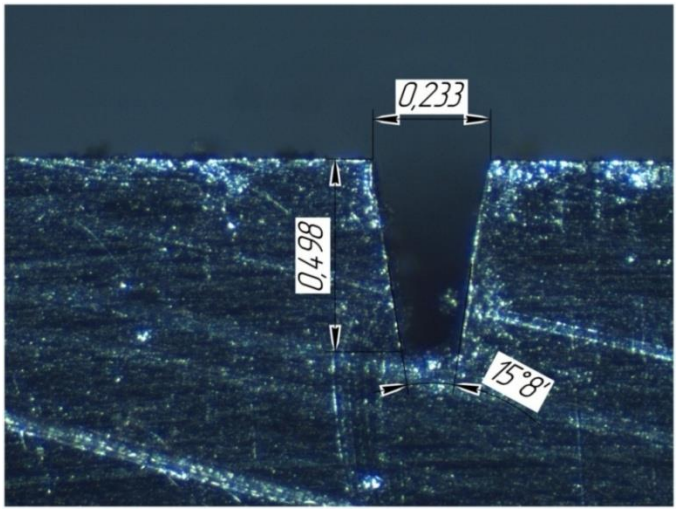

Рис. 13. Профиль канавки, сформированной неизношенным гравером
Fig. 13. Profile of the groove formed by an unworn engraver

Рис. 14. Готовое изделие
Fig. 14. Finished product

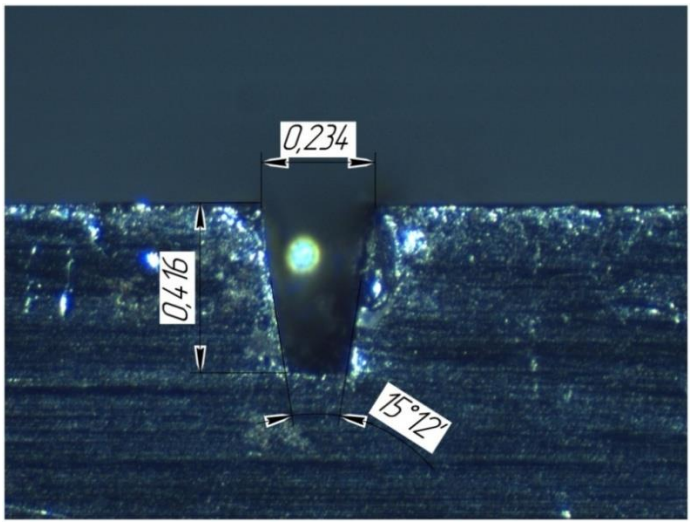

Рис. 15. Профиль канавки, сформированной изношенным гравером
Fig. 15. Profile of the groove formed by the worn engraver

В блоке 3 алгоритма определялся номер детали в партии.

В блоке 4 находилось возможное количество обработанных деталей одним гравером. Исходя из зависимости размерного износа гравера от пути резания (рис. 3), длины надписи на детали L=254, допустимого линейного износа гравера U=0,1 мм, определяемого из величины допуска на глубину надписи l=0,1 мм (рис. 12), найдено возможное количество, которое можно изготовить без смены гравера – три детали.

В блоке 5 реализовывался переход в блок 6 после обработки второй детали. После обработки третей детали осуществлялся переход в блок 10 и далее в блок 11 для замены режущего инструмента.

В блоке 6 реализовывался запуск операции.

В блоке 7 запускался цикл для проверки амплитуды напряжения.

В блоке 8 в процессе формообразования технической надписи контролировалась амплитуда напряжения при изготовлении первых трех деталей. Амплитуда напряжения не превысила допустимого значения (V=51 мВ).

После завершения операции (блок 9) изготавливались следующие детали.

Для изготовления партии, состоящей из десяти деталей, потребовалось четыре замены гравера.

Фотография сформированной надписи на вставке штампа подрельсовой прокладки показана на рис. 14.

После изготовления третьей детали на стол динамометра устанавливался экспериментальный образец из Стали 45 ГОСТ 1050-2013 и формировалась открытая канавка длиной 3 мм, выходящая в торец заготовки. Размеры профиля канавки измерялись на цифровом инструментальном микроскопе ММИ-2, рис. 14. Фотография поперечного сечения паза, полученная на микроскопе ММИ-2, приведена на рис. 15.

Анализ размеров сформированной канавки показал, что линейные и угловой размеры находятся в допустимых пределах согласно чертежу детали, рис. 12.

Выводы:

1. Определенная экспериментальным путем зависимость износа гравера от пути резания показала, что на пути резания от 0 до 200 мм наблюдается участок приработки. Повышенный темп износа объясняется высоким начальным контактным давлением ввиду малой величины площади контакта. При увеличении площадки контакта темп износа уменьшается. Путь резания от 200 мм до 1000 мм соответствует периоду нормального износа, он характеризуется стабилизацией микрогеометрии инструмента. Путь резания от 1000 до 1170 мм характеризуется катастрофическим износом.

2. На основании дополненных и скорректированных требований к элементам, обеспечивающим контроль состояния режущего инструмента, разработан технологический комплекс гравирования технических надписей с контролем состояния гравировальной фрезы, состоящий из фрезерно-гравировального станка, динамометра, усилителя, аналого-цифрового преобразователя, сравнивающего и задающего устройств, позволяющий обеспечить стабильность фрезерования труднообрабатываемых буквенно-цифровых надписей.

3. Выявлена зависимость амплитуды напряжения аналого-цифрового преобразователя технологического комплекса гравирования технических надписей от длины пути резания, позволяющая оценить состояние гравировальной фрезы в процессе выполнения основного перехода.

4. Разработан алгоритм контроля состояния режущего инструмента технологического комплекса гравирования технических надписей, позволяющий обеспечить безаварийную работу технологического комплекса и точность размеров буквенно-цифровых надписей.

5. На основании проведенных экспериментов выбраны рациональные условия гравирования технической надписи на партии изделий «Вставка штампа подрельсовой подкладки». Контроль размеров буквенно-цифровых надписей показал их соответствие чертежу детали.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 26828-86. Изделия машиностроения и приборостроения. Маркировка: утвержден и введен в действие Постановлением государственного комитета СССР по стандартам от 18 февраля 1986 г. п. 366: дата введения 1987-01-01.Москва : Издательство стандартов, 1986. – 5 с.

2. Лебедева, Л.И. Проблемы и перспективы развития технологий маркировки изделий в машиностроении / Л.И. Лебедева, Д.А. Ветчинников. – Текст : непосредственный//Перспективы инновационного развития угольных регионов России. Сборник трудов IV Международная научно-практическая конференция. Редакционная коллегия: Пудов Е.Ю. (ответственный редактор), Клаус О.А. (ответственный редактор), Бершполец С.И., Конопля А.А., 2014. – С. 317-320.

3. Полозов, Ю.А. Маркировка в автопроме: время диктует свои законы / Ю.А. Полозов, А.Е. Грушовенко //Портал машиностроения : [сайт]. – 2007. – 05 сентября – URL:http://mashportal.ru/Default.aspx?tabid=116&newsType=ArticleView&articleId=9115(дата обращения: 03.03.2021).

4. Ганзуленко, О.Ю. Разработка и апробация технологического процесса нанесения информационных полей на изделия из различных материалов для защиты от подделок, идентификации и учета / О.Ю. Ганзуленко, Е.А. Захаренко, Е.В. Ларионова, А.П. Петкова и др. – Текст : непосредственный // Инноватика и экспертиза. Научные труды, изд-во ФГБНУ «Научно-исследовательский институт – Республиканский исследовательский научно-консультационный центр экспертизы». – 2013. – выпуск 2(11). – С. 142-154.

5. Ганзуленко, О.Ю. Технология лазерной маркировки серийных изделий из металлических и полимерных материалов с целью защиты их от подделок и идентификации / О.Ю. Ганзуленко, Е.В. Ларионова, А.П. Петкова // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». – 2013. – №5(18). – С. 1-12. – URL:http://naukovedenie.ru/PDF/72tvn513.pdf(дата обращения: 04.03.2021).

6. EBS INK JET SYSTEME GmbH. Виды маркирования [сайт]. – 2021. – URL: https://www.ebs-moscow.ru/stati/12 (дата обращения: 03.03.2021). Текст : электронный.

7. Перевертов, В.П. Технологии обработки материалов концентрированным потоком энергии / В.П. Перевертов, И.К. Андрончев, М.М. Абулкасимов // Надежность и качество сложных систем. – 2015. – №3 (11). – С. 69-79.

8. Markov, V.V. Results of research on causes of the defects of laser marking articles / V.V. Markov, L.I. Lebedeva, N.V. Kanatnikov // Journal of Physics: VI International Scientific Practical Conference on Innovative Technologies and Economics in Engineering. – 2015. Vol. 91. DOI: https://doi.org/10.1088/1757-899X/91/1/012027.

9. Choudhury, D. Ultrafast laser inscription: perspectives on future integrated applications / Debaditya Choudhury, John R. Macdonald, Ajoy K. Kar // Laser&Photonics reviews. – 2014. Vol. 8, Iss. 6. pp. 827-846. DOI: https://doi.org/10.1002/lpor.201300195.

10. Патент на изобретение RU 2208520 C1.Способ гравирования по стали. Открытое акционерное общество «Булат». Опубл. 20.07.2003. Заявка № 2001135358/12 от 27.12.2001.

11. Патент на изобретение RU 2030300 C1.Способ гравирования изображения преимущественно на металлических пластинах. Игнатченко А.В., Макаров А.В., Сагидуллин Г.Г. Опубл. 10.03.1995. Заявка № 4930754/12 от 23.04.1991.

12. Труфанов, А.Е. Определение скоростей резания при гравировании фрезами / А.Е. Труфанов, Д.Е. Соломин // В книге: Молодежь – Барнаулу. Материалы XX городской научно-практической конференции молодых ученых. – 2019. С. 294-295.

13. ГОСТ 26.008-85. Шрифты для надписей, наносимых методом гравирования: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 20.12.85 № 4441: дата введения 1987-01-01 / разработан и внесен Государственным комитетом СССР по науке и технике. Москва : Издательство стандартов, 1995. – 27 с.

REFERENCES

1. GOST 26828-86. Mechanical engineering and instrument-making products. Marking: approved and put into effect by the Resolution of the USSR State Committee for Standards of February 18, 1986, item 366: date of introduction 1987-01-01. Moscow: Publishing House of standards, 1986. – 5 p.

2. Lebedeva, L.I. Problems and prospects of development of technologies of marking of products in mechanical engineering / L.I. Lebedeva, D.A. Vetchinnikov//Prospects for innovative development of the coal regions of Russia. Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference. Editorial Board: Pudov E.Y. (executive editor), Klaus O.A(executive editor), Bershpolets S. I., Konoply A. A., 2014. – pp. 317-320.

3. Polozov, Y.A. Marking in the automotive industry: time dictates its laws / Yu. A. Polozov, A.E. Grushovenko//Portal of mechanical engineering: [website]. – 2007. – 05 September – URL: http://mashportal.ru/Default.aspx?tabid=116&newsType=ArticleView&articleId=9115 (accessed: 03.03.2021).

4. Ganzulenko, O.Y. Development and approbation of the technological process of applying information fields to products made of various materials for protection from fraud, identification and accounting / O.Y. Ganzulenko, E.A. Zakharenko, E.V. Larionova, A.P. Petkova, etc//Innovatika and ekspertiza. Scientific works, publishing house of FGBNU «Research Institute-Republican Research Scientific and Consulting Center of Expertise». – 2013. – issue 2 (11). – p. 142-154.

5. Ganzulenko O.Yu., Larionova E.V., Petkova A.P. Technology of laser marking of serial products made of metallic and polymer materials for the purpose of protecting them from forgeries and identification // Online magazine «NAUKO-VEDOMOSTI». – 2013.– №5 (18). – Pp. 1-12. - URL: http://naukovedenie.ru/PDF/72tvn513.pdf (accessed: 04.03.2021).

6. EBS INK JET SYSTEME GmbH. Types of marking [site]. – 2021. – URL: https://www.ebs-moscow.ru/stati/12 (accessed: 03.03.2021).

7. Perevertov, V.P. Technologies of processing materials with a concentrated energy flow / V.P. Perevertov, I.K. Andronchev, M.M. Abulkasimov // Reliability and quality of complex systems. – 2015.– №3 (11). – Pp. 69-79.

8. Markov, V.V. Results of research on causes of the defects of laser marking articles / V.V. Markov, L.I. Lebedeva, N.V. Kanatnikov // Journal of Physics: VI International Scientific Practical Conference on Innovative Technologies and Economics in Engineering. – 2015.Vol. 91.DOI: https://doi.org/10.1088/1757-899X/91/1/012027.

9. Choudhury, D. Ultrafast laser inscription: perspectives on future integrated applications / Debaditya Choudhury, John R. Macdonald, Ajoy K. Kar // Laser&Photonics reviews. – 2014. Vol.8, Iss. 6. pp. 827-846. DOI: https://doi.org/10.1002/lpor.201300195.

10. Patent for the invention RU 2208520 C1. The method of engraving on steel. Open Joint-stock Company «Bulat». Published on 20.07.2003. Application № 2001135358/12 of 27.12.2001.

11. Patent for the invention RU 2030300 C1. A method of engraving images mainly on metal plates. Ignatchenko A.V., Makarov A.V., Sagidullin G.G. Publ. 10.03.1995. Application № 4930754/12 of 23.04.1991.

12. Trufanov, A.E. Determination of cutting speeds when engraving with cutters / A.E. Trufanov, D.E. Solomin / / In the book: Youth-Barnaul. Materials of the XX city scientific and practical conference of young scientists. – 2019. pp. 294-295.

13. GOST 26.008-85. Fonts for inscriptions applied by engraving: approved and put into effect by the Resolution of the State Committee of the USSR for Standards of 20.12.85 № 4441: date of introduction 1987-01-01 / developed and introduced by the State Committee of the USSR for Science and Technology. Moscow: Publishing house of standards, 1995. – 27 p.

Поступило в редакцию 10.12.2020
Received 10 December 2020