

И.В. Матвеев¹, В.И. Шастин¹, Б.А. Беломестных¹, Н.А. Чипизубов¹, Т.Т. Чумбадзе¹

¹ Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛАЗЕРНОГО МОДИФИЦИРОВАНИЯ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Анотация. Шероховатость поверхности тела оказывает большое влияние на трение между сопрягаемыми поверхностями. С ее повышением возрастает коэффициент трения, что приводит к быстрому изнашиванию сопряженных деталей. Проблема состоит в том, что при выполнении механических работ с металлом таких как сверление, фрезерование и т.д образуются заусенцы и микронеровности, которые приводят к выходу сопряженных деталей из строя. Для решения этой проблемы предлагается произвести лазерное упрочнение режущего инструмента. Установлено, что упрочнение поверхностного слоя обусловлено структурными и фазовыми превращениями с повышенными физико-механическими свойствами, а показатели качества обрабатываемой поверхности от степени дисперсности модифицированного слоя.

Ключевые слова: лазерное модифицирование, инструмент, шероховатость поверхности, упрочнение, микроструктура, износостойкость.

I. V. Matveev¹, V. I. Shastin¹, A. A. Belomestnykh¹, N. A. Chipizubov¹, T. T. Chumbadze¹

¹Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russia

RESEARCH AND IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGY OF LASER MODIFICATION OF METAL-CUTTING TOOLS

Abstract. The roughness of the body surface has a great influence on the friction between the mating surfaces. With its increase, the coefficient of friction increases, which leads to the most rapid wear of the mated parts. The problem is that when performing mechanical work with metal, such as drilling, milling, etc., burrs and micro-roughness are formed, which lead to the release of mated parts from standing. To solve this problem, it is proposed to perform laser hardening of the cutting tool. It is established that the hardening of the surface layer is caused by structural and phase transformations with improved physical and mechanical properties, and the quality indicators of the treated surface depend on the degree of dispersion of the modified layer.

Keywords: laser modification, tool, surface roughness, hardening, microstructure, wear resistance.

Постановка цели задачи и исследования

Целью дипломной работы является исследование влияния лазерного модифицирования металлорежущего инструмента и его воздействие на качество обрабатываемой поверхности. Объектом исследования был выбран якорь реле РЭС-48 выполненный из электротехнической стали, в котором предусмотрено сквозное отверстие диаметром 1,1мм в середине торцевой его части. Задача исследования: необходимо минимизировать его шероховатость при обработке упрочненным сверлом, а так же подобрать оптимальные режимы для его обработки и СОЖ.

Объекты исследования и оборудование участвующее в выполнении работы

В качестве упрочняемого инструмента было использовано мелкогабаритное сверло выполненное из быстрорежущей стали Р6М5. И твердосплавные пластины Т15К6.

Чертеж якоря представлен на рисунке 1.1

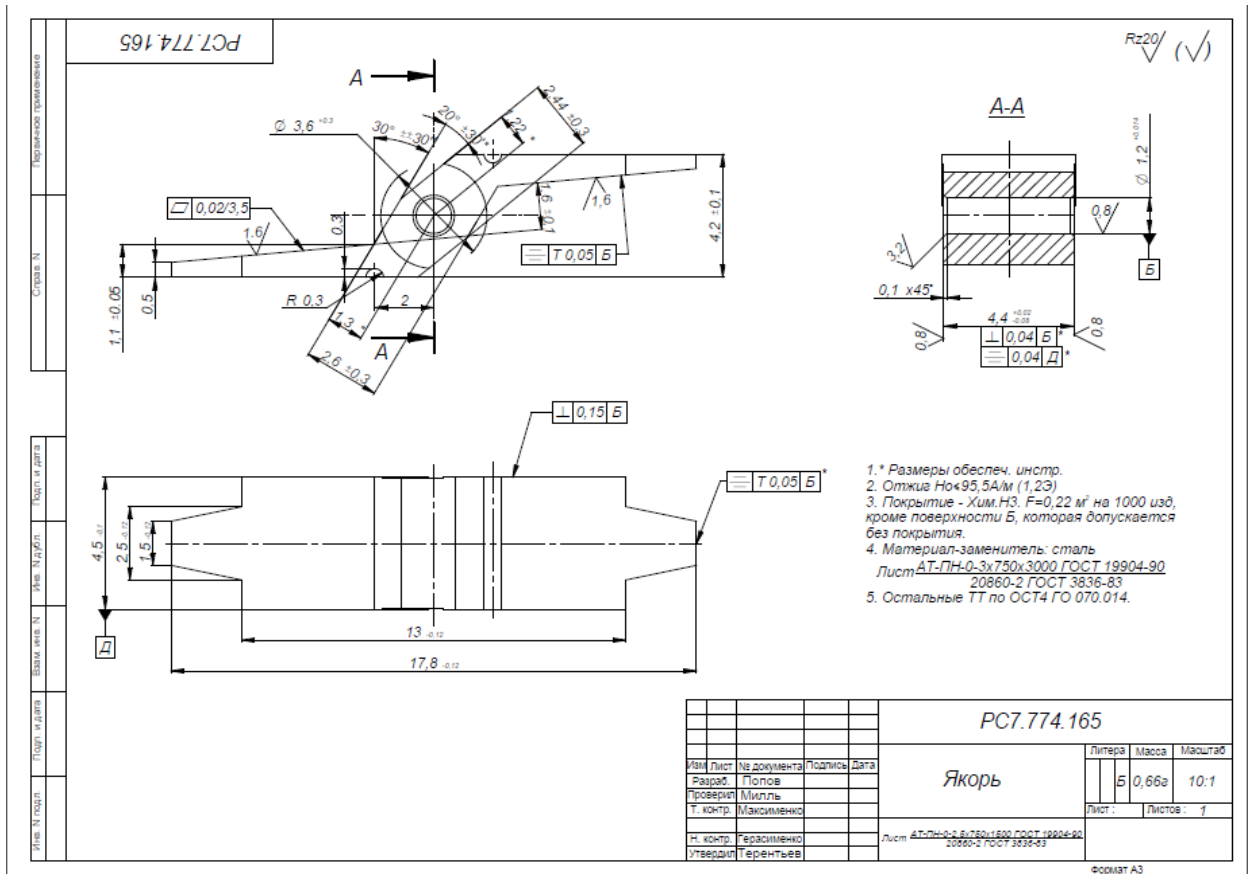


Рис. 1.1. Чертеж якоря реле РЭС-48

Причины отбраковки якорей при сверлении:

- Поперечное смещение оси отверстия относительно рабочей поверхности
- Налипание металла на сверло

В ходе работы будет использоваться лазерная установка типа Квант-15. Данная установка выполняет такие типы работ как:

- Сварка однородных и разнородных металлов
- Резка инструментальных, конструкционных, высоколегированных сплавов и цветных металлов
- Перфарирование отверстий в металлах, сплавах, керамике толщиной до 15-20мм
- Упрочнение инструментальных сталей и термически не упрочняемых материалов (титановые сплавы, лейкосапфиры)

В данной установке используется твердотельный лазер, т.е лазер в котором в качестве активной среды используется вещества находящиеся в твердом состоянии, такие как стекла и кристаллы. Коэффициент полезного действия установки при работе достигает до тридцати процентов.

Лазерная установка Квант-15 имеет ряд достоинств:

- Простота эксплуатации
- Высокая производительность
- Универсальность
- Возможность сопряжения с ЭВМ

– Доступная цена

Сверление будет происходить на полуавтомате заводского исполнения при постоянных режимах сверления, модели 2Г103П с предварительной центровкой детали.

Вид полуавтоматического станка для сверления представлен на рисунке 1.2.



Рис. 1.2. Станок для сверления детали 2Г103П

Вид полуавтоматического станка для центровки представлен на рисунке 1.2.



Рис. 1.3. Станок для центровки детали 2Г103П

Проведенные работы и результаты исследования

Сверла из быстрорежущей стали Р6М5 были подвергнуты импульсным излучением лазера с импульсом 8Дж, длительностью импульса 4мсек и длиной волны 1,06мкм на лазерной установке Квант-15. В качестве обрабатываемого материала использовалась листовая электротехническая сталь марки 29НК толщиной 5мм. Первоначально обрабатывалась передняя и задняя режущие кромки сверла, затем его спиральная часть с коэффициентом перекрытия $K_p=0,7$. Также были проведены работы по модернизации твердосплавной сменной пластины Т15К6, для резца на токарном станке, каждая грань которого была обработана разными режимами обработки представленными в таблице 1.

Таблица 1 – Режимы лазерного модифицирования сменных пластин для резца из твердого сплава Т15К6

№ п/п	Поверхность режущей пластины	Режимы обработки
1	№ 1	Без обработки
2	№ 2	$U=5.756$ В; $\tau=2.85$ мсек.; $\lambda=2$ Гц.
3	№ 3	$U=5.550$ В; $\tau=2.85$ мсек.; $\lambda=2$ Гц.

Продолжение таблицы 1.

4	№ 4	U=5.530 В; $\tau=2.85$ мсек.; $\lambda=2$ Гц.
5	№ 5	U=5.505 В; $\tau=2.85$ мсек.; $\lambda=2$ Гц.

Были проведены работы по измерению показателей твердостей на данной пластине с помощью микротвердомера НМУ-G21DT. Принцип работы данного микротвердомера основан на статическом вдавливании наконечника – алмазной пирамиды Виккерса, с последующим измерением длин диагоналей восстановленного отпечатка и пересчетом значения длин диагоналей в значениях твердости по Виккерсу (HV). Результаты измерения представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Режимы лазерного модифицирования сменных пластин для реза из твердого сплава T15K6

Расстояние от края до центра реза, мкм.	№ грани исследуемой поверхности				
	1	2	3	4	5
	Микротвердость, HV				
0,03	1002	1484	2028	2575	1867
0,055	1262	1558	2575	2277	1043
0,08	1262	1262	1484	1597	1043
0,11	910	910	1484	1415	1260

По результатам полученных данных можно сказать, что при обработке твердосплавной пластины T15K6 максимальная твердость пришлась на грань, которая была обработана на следующих режимах: U=5.530 В; $\tau=2.85$ мсек.; $\lambda=2$ Гц.

Сверление производилось на полуавтомате заводского исполнения при постоянных режимах сверления. Для сравнения, сверление производилось обработанным и не обработанным сверлом до наступления критического износа и его поломки, оценивалось количество просверленных отверстий, вид стружки, и качество обработанной поверхности.

Для выполнения операции сверления рекомендуется использовать следующие режимы: $n = 1000$ об/мин, $S = 0,03$ мм/об, в нашем случае полуавтоматическая сверловочная машина 2Г103П изменяет свои показатели путем изменения частоты, устанавливаемое на блоке управления, т.е при выставлении частоты 48Гц, можно получить следующие показатели: $n = 1000$ об/мин, $S = 0,019$ мм/об (замеры количества оборотов производились с помощью тахометра). С расчетом режимов можно ознакомиться ниже.

Расчет режимов резания.

$$n = 1000 \text{ об/мин}$$

Находим количество оборотов в секунду:

$$n = 1000/60 = 16,7 \text{ об/сек}$$

Время подачи сверла = 19 сек;

Определим сколько оборотов делает сверло за время рабочего хода.

$$n_{\text{раб}} = 16,7 \cdot 19 = 317,3 \text{ об}$$

Длина рабочего хода сверла составляет 6мм;

Найдем подачу (S):

$$S = 6/317,3 = 0,019 \text{ мм/об}$$

При выполнении пяти испытаний на данных режимах, при сверлении якоря сверло утилизировалось в связи с его изломом при сверлении якорей в количестве двух штук. Было решено изменить режимы резания так чтобы получить подачу рекомендуемую для сверления электротехнических сталей. В ходе расчетов представленных выше были получены следующие режимы: $S = 0,03$ мм/об, $n = 630$ об/мин.

Так же был осуществлен подбор СОЖ для проведения металлообрабатывающих работ с электротехнической сталью. Так как данная сталь является вязкой, в процессе работы, снимаемый слой металла после обработки частично остается в канавках сверла. На данный момент на предприятии используется СОЖ основанный на смешивании 30% мыла и 70% парафина, данная смазка имеет твердотельную структуру. Было решено провести опыт с диспергацией индустриального масла и мела в пропорциях 3:1. Смешивание жидкости с мелом производилось на ультразвуковой установке заводского исполнения с частотой 22кГц, при избыточном гидростатическом давлении 0,25МПа. При получении и экспериментальном использовании данного СОЖ повысилась чистота обрабатываемой поверхности при визуальном контроле, а так же частично уменьшилось количество стружки находящейся в канавках сверла после проведения работ. При использовании обычного индустриального масла, в процессе металлообрабатывающих работ на сверлильном станке, в среднем получалось по 25 выполненных отверстий, после чего было необходимо произвести переточку инструмента. В то время как, при использовании СОЖ полученного путём диспергации индустриального масла и мела, получилось добиться в среднем 60 обработанных отверстий.

Заключение

В совокупности всех проведенных ранее работ, ресурс модифицированного сверла составил 460 отверстий, в то время как у сверла в исходном состоянии составил 150...200 отверстий до его замены. Стружки у стандартного сверла представляла собой элементную, в то время как при сверлении модифицированным сверлом вид стружки изменился на сливную. Измерение параметров шероховатости осуществлялось с использованием портативного измерителя шероховатости TR200. Сравнительные параметры шероховатости показали примерно на 25...30% снижения показателя R_a (средняя высота неровностей) и на 30...35% R_{sm} (средний шаг неровностей).

По данным произведенного эксперимента можно сказать что, износостойкость обработанного сверла повысилась в 2...3 раза, так же улучшилось качество сходящей стружки и повысилось качество обработанного отверстия при сверлении модифицированным сверлом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулов А.Г., Дальский А.М. Научные основы технологии машиностроения. М.: Машиностроение, 2002. – 425с.
2. Качество машин: справочник. В 2-х т. Т.1/А.Г. Суслов, Э.Д. Браун, Н.А. Виткевич и др./ под ред. А.Г. Суслова. М.: Машиностроение, 1995. – 256 с.
3. Сулов А.Г. Качество поверхности деталей /Колл. Авт.: под ред. А.Г. Суслова. М.: Машиностроение, 2008. – 320 с.
4. Шастрин В.И. Лазерная обработка сопрягаемых пар трения/ Современные технологии. Системный анализ. Моделирование, 2009. – № 4 (24). – 202-208 с.
5. Григорьянц А.Г., Сафонов А.Н. Методы поверхностной лазерной обработки: Учебное пособие для вузов/ Под редакцией Григорьянца А.Г. М.: Высшая школа, 1987. – 191 с.

6. Шастин В.И., Елисеев С.В. Концепция интегрированного многопрофильного использования лазерных технологий на промышленных предприятиях// Системы, Методы. Технологии, 2015. – №2 (26). 13 – 17 с.

7. Шастин В.И., Коновалов Н.П. Технологическое обеспечение процессов лазерного модифицирования поверхностей конструкционных сплавов: монография. – Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2016. – 164 с.

REFERENCER

1. Sulov A. G., Dalsky A.M. Scientific bases of mechanical engineering technology. Moscow: Mashinostroenie, 2002. – 425 p.

2. Quality of machines: a reference book. In 2 vols., vol. 1 / A. G. Suslov, E. D. Brown, N. A. Vitke-vich, et al. / ed. by A. G. Suslov. Moscow: Mashinostroenie, 1995 – 256 p.

3. Suslov A. G. Quality of the surface of parts / Coll. Auth.: ed. by A. G. Suslov. M.: Mashinostroenie, 2008. – 320 p.

4. Shastrin V. I. Laser processing of conjugated friction pairs/ Modern Technologies. System analysis. Simulation, 2009. – № 4 (24). – 202-208 p.

5. Grigoryants A. G., Safonov A. N. Methods of surface laser processing: Textbook for universities/ Edited by Grigoryants A. G. M.: Vysshaya shkola, 1987 – 191 p.

6. Shastin V. I., Eliseev S. V. The concept of integrated multidisciplinary use of laser technologies at industrial enterprises / / Sistemy, Metody. Technologies, 2015. – №2 (26). 13 – 17 p.

7. Shastin V. I., Konovalov N. P. Technological support of the processes of laser modification of the surfaces of structural alloys: monograph. Irkutsk: IRNITU Publishing House, 2016. - 164 p.

Информация об авторах

Матвеев Иван Витальевич – студент, кафедры «Автоматизация производственных процессов» Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: matveevivan@mail.ru

Шастин Владимир Иванович – преподаватель, к.т.н., доцент, кафедры «Автоматизация производственных процессов» Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: kafedra-td@mail.ru

Беломестных Артем Александрович – студент, кафедры «Автоматизация производственных процессов» Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: artiom.belomestnyh@yandex.ru

Чипизубов Назар Александрович – студент, кафедры «Автоматизация производственных процессов» Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: nazar.chipizubov@mail.ru

Чумбадзе Тамара Темуриевна – студент, кафедры «Автоматизация производственных процессов» Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: tamriko98@yandex.ru

Authors

Matveev Ivan Vitalievich - student, department "Automation of production processes" Irkutsk State University of Railways, Irkutsk, e-mail: matveevivan@mail.ru

Shastin Vladimir Ivanovich - Lecturer, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of "Automation of Production Processes" Irkutsk State University of Railways, Irkutsk, e-mail: kafedra-td@mail.ru

Belomestnykh Artem Aleksandrovich - student, department "Automation of production processes" Irkutsk State University of Railways, Irkutsk, e-mail: artiom.belomestnyh@yandex.ru

ChipizubovNazarAlexandrovich- student, department "Automation of production processes" Irkutsk State University of Railways, Irkutsk, e-mail: nazar.chipizubov@mail.ru

Chumbadze Tamara Temurievna - student, department "Automation of production processes" Irkutsk State University of Railways, Irkutsk, e-mail: tamriko98@yandex.ru

Для цитирования

Матвеев И.В. Исследование и совершенствование технологии лазерного модифицирования металлорежущего инструмента[Электронный ресурс] /И.В. Матвеев, А.А. Беломестных, Н.А. Чипизубов, Т.Т. Чумбадзе // Молодая наука Сибири: электрон. науч.журн. – 2021. - № 1(11). – Режим доступа <https://mnv.ircgups.ru/toma/111-2021> – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ. (дата обращения 18.05.2021)

For citation

Matveev I.V. Research and improvement of the technology of laser modification of metal-cutting tools [Electronic resource] / I.V. Matveev, A.A. Belomestnykh, N.A. Chipizubov, T.T. Chumbadze // Young Science of Siberia: electronic scientific journal – 2021,no. 1(11). [Accessed 18/05/21]