

А.М.Парамонов, А.В.Коваль

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ МЕТОДА ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ЛЕГИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРОДЛЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

*Институт прикладной физики АН РМ,
ул. Академией, 5, г. Кишинев, MD-2028, Республика Молдова, sasha.covali@mail.ru*

В промышленности (деревообрабатывающей, полиграфической, швейной и др.) используется широкая гамма разного типа стальных инструментов. Срок их службы существенно ограничивается появлением в процессе изготовления и эксплуатации разного рода дефектов. Простой оборудования, связанный с заменой инструмента, и его дороговизна приводят к значительным производственным и финансовым потерям. Поэтому поиск решений, позволяющих увеличить срок службы инструмента и тем самым уменьшить данные потери, – актуален.

Процесс разработки мероприятий, предупреждающих и устраняющих наиболее распространенные дефекты режущего инструмента, можно рассмотреть на примере лезвий для пакетного раскроя ткани в швейной промышленности. Они используются в вертикальных станках, раскраивающих пакеты ткани толщиной 60–250 мм (рис. 1). Станок представляет собой изделие в настольном исполнении со встроенным двигателем, частота вращения которого достигает 3000–4000 об/мин. Двигатель приводит режущее лезвие в вертикальное возвратно-поступательное движение, амплитуда которого регулируется. Некоторые модели станков оснащены алмазными дисками для заточки лезвия, и через 30–40 заточек оно заменяется новым. Высокие требования к качеству лезвий (отсутствие коробления, высокая твердость и чистота поверхности) и нагруженным механизмам станка являются главными факторами, определяющими их стоимость. При стоимости станков 400–700 долларов [1, 2] в комплекте поставляется всего 1–2 лезвия. Дополнительно их можно приобрести по 20–30 долларов. Кроме оригинальных лезвий на рынке имеются и лезвия сторонних производителей. Они дешевле (10–15 долларов), но имеют меньший ресурс и различные дефекты, так как при их изготовлении используется упрощенная технология. Вследствие чего возникла необходимость поиска методов, которые позволят: восстанавливать рабочие размеры, увеличить интервал между заточками и уменьшить съем материала во время заточки за счет упрочнения режущей кромки и оптимизации износа лезвия в процессе резки. Причем эти меры не должны привести к росту стоимости обработанных лезвий выше оригинальных.

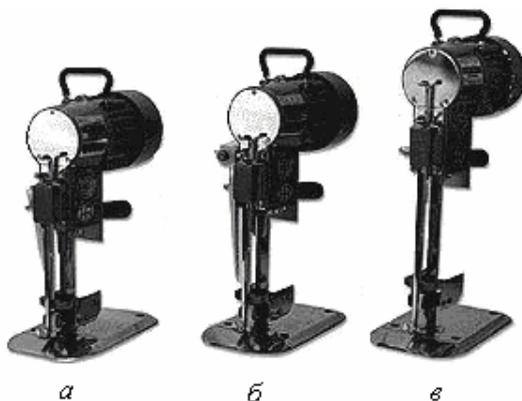


Рис. 1. Вертикальные раскройные станки, использующие лезвия с длиной режущей кромки, мм: а – 150, б – 200, в – 250

Выберем методы обработки на основании полного анализа дефектов на примере лезвий длиной 300 мм, режущей части – 150 мм, применяющихся для раскроя пакетов ткани толщиной до 110 мм.

Выявлено, что лезвия могут иметь заводские и эксплуатационные дефекты.

Заводские дефекты – результат нарушения технологии изготовления лезвий. Они проявляются в виде коробления и нарушения качества профиля направляющей (рис. 2,*а*).

Эксплуатационные дефекты проявляются в виде неравномерного износа режущей кромки и коробления лезвия из-за нарушения условий эксплуатации и заточки (рис. 2,*б*), а также в виде «зазубрин» на режущей кромке, образующихся из-за неправильной заточки или случайного попадания твёрдых включений в зону резки.



а



б

Рис. 2. Лезвия до обработки

Наличие указанных дефектов приводит к следующим последствиям. При небольших размерах в сечении (2×9 мм) лезвия при раскрое пакета ткани толщиной 200–250 мм имеют в длину до 400 мм. Большой вылет режущей части приводит к тому, что и при незначительных перегревах происходит коробление лезвий. Это вызывает резкое увеличение нагрузки на тыльную плоскость лезвия, опирающуюся на опорный ролик станка, что ведет к износу и выходу из строя центрирующего механизма и направляющих станка, а также к выкрашиванию рёбер лезвия. К этому же результату приводит наличие выколов на опорной части. Поскольку некоторые из них довольно большие, это приводит к зацепу ткани, резкому снижению качества раскроя и появлению большой вероятности выхода из строя станка в результате заклинивания лезвия в направляющей.

Срок службы лезвий резко уменьшается из-за необходимости выравнивания их режущих кромок при заточках. Это обусловлено неравномерным износом вдоль режущих кромок и проявляется при раскрое пакетов ткани небольшой толщины, когда в процессе резки используется только часть режущей кромки. Такой же результат получается и при заточках неодинаково изношенными алмазными дисками, что приводит к несимметричному формированию режущей кромки. В итоге для ее выравнивания необходимо произвести большой съём металла по всей длине.

Таким образом, анализ показал, что необходимо решить две основные задачи. Во-первых, необходимо локальное нанесение металла на лезвия с целью восстановления профиля и упрочнения режущих кромок. Во-вторых, исправить лезвия, имеющие коробление.

Для восстановления и упрочнения деталей к настоящему времени разработаны и используются различные электрофизические и электрохимические методы.

Наиболее существенно свойства поверхностного слоя могут быть повышены в результате химико-термической обработки, поскольку возрастают твердость, теплостойкость, стойкость против коррозии, в ряде случаев уменьшается коэффициент трения. Но из-за того, что толщина измененного слоя очень мала и он будет снят значительно (или полностью) с рабочих граней во время заточки, для упрочнения имеющихся лезвий данный вид обработки не подходит.

Такие методы модифицирования поверхности, как химическое осаждение из газовой фазы, термовакуумное напыление, вакуумные ионно-плазменные покрытия (азотирование, легирование и др.), имеют недостатки: высокую температуру обработки детали (350–2000 °С), применяются для непереключаемого инструмента, сложность процесса и громоздкость применяемого оборудования. Плазменное и детонационное нанесение покрытий порошковых материалов также имеет ограниченную область применения из-за сложности процесса и громоздкости оборудования, довольно высокой температуры разогрева детали (до 200–250 °С). Кроме того, часто нанесенный слой хрупок и имеет слоистую структуру, поэтому необходим отжиг [3].

Значительные возможности повышения износостойкости поверхностей появились в связи с разработкой промышленных лазеров. Благодаря высокой плотности энергии в луче лазера происходит быстрый нагрев тонкого поверхностного слоя металла вплоть до его расплавления. Быстрый последующий отвод теплоты в объем металла приводит к закалке поверхностного слоя с приданием ему высокой твердости и износостойкости. Возможно и легирование путем введения порошка напыляемого материала в луч лазера. Главные недостатки данного способа – сложность и громоздкость оборудования, большая энергоёмкость [3, 4].

Одним из передовых является метод электроискрового легирования (ЭИЛ). Он широко используется для восстановления и изменения физико-химических свойств деталей машин и инструмента. Его преимущества: небольшая стоимость оборудования, небольшие энергетические затраты и расход твердосплавного инструмента. При работе с лезвием очень важны такие достоинства ЭИЛ, как локальность обработки, сравнительно малая шероховатость получаемого слоя, малый нагрев рабочей зоны [5–8]. Для легирования использовалась модернизированная установка «Элитрон-21М» [9, 10]. Благодаря наличию ступенчатой регулировки энергоёмкости и плавной регулировки частоты искровых импульсов установка позволила производить раздельное формирование толщины и качества покрытий. Нанесенный слой имеет толщину до 0,35–0,4 мм на грубых режимах. Покрытия наносились из сплавов Т15К6, ВК8, нихрома. Выравнивание покрытия (по необходимости) производилось графитовыми пластинчатыми электродами. Для устранения коробления обрабатываемых лезвий была разработана специальная технология: изготовлены кондукторы – специальные медные тиски, позволившие обеспечить быстрый отвод тепла от зоны обработки; найдена нужная дискретность обработки, которая обеспечивала необходимый временной промежуток для охлаждения рабочей зоны. Эта технология также позволяет устранять коробление новых лезвий.

Проводилась обработка 25 лезвий, из которых 7 были новыми и 18 – бывшими в работе. У новых лезвий проводилось устранение коробления, закрывались «выколки» на опорной части и упрочнялась режущая кромка. У лезвий, бывших в работе, – исправление неравномерного износа, упрочнение режущей кромки и устранение коробления (если оно имело место).

1. Электроискровое легирование новых лезвий. Сначала наносился металл в область «выколок» на опорной части лезвия. Обработка велась на грубом режиме при низкой частоте искровых импульсов. Легирующими электродами служили стальная проволока, нихром и сплав Т15К6. Чтобы металл наносился равномерно, периодически выравнивался нанесенный слой на чистовом высокочастотном режиме графитовыми электродами. После нанесения слоя необходимой толщины проводились чистовое легирование и финишная шлифовка. Следующий этап – упрочнение режущей кромки. Обработка проводилась легированием граней, образующих режущую кромку. В данной работе легирование велось по одной из рабочих граней (рис. 3,а) на чистовом режиме с частотой до 1500 Гц. Такой способ нанесения покрытия позволяет сократить время обработки, резко увеличивает продолжительность работы лезвия не только благодаря уменьшению съема металла во время заточек, но и за счет эффекта самозатачивания. Благодаря тому, что при данном режиме электрические импульсы имеют малую энергию и использовалась специальная оснастка, легирование можно было проводить максимально близко к режущей кромке.

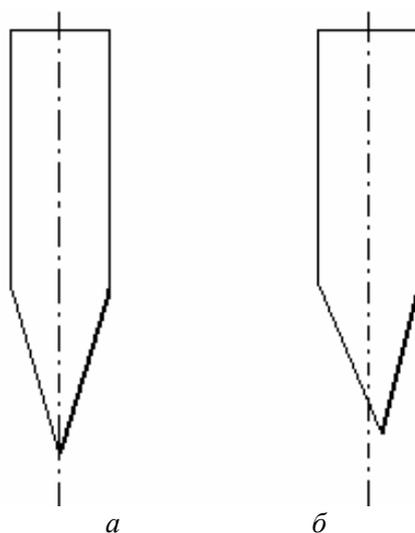


Рис. 3. Вид режущей кромки: а – после упрочнения, б – в процессе эксплуатации

После обработки проводилась заточка алмазными дисками для получения необходимой остроты режущей кромки и восстановления ее по центру.

Как было сказано выше, значительное увеличение продолжительности работы достигается с помощью эффекта самозатачивания. Он проявляется следующим образом. После обработки одной грани по мере износа лезвия в процессе резки идет небольшое смещение режущей кромки относительно центра симметрии лезвия в сторону обработанной грани (рис. 3,б). После того как режущая кромка затупится, легируется необработанная грань и производится заточка лезвия. Необходимо отметить, что проводят заточку не обеих граней, а только одной – обработанной ранее. Теперь в процессе резки режущая кромка начнет смещаться в сторону только что обработанной грани. Таким образом, проводя попеременное легирование граней, мы значительно увеличиваем срок службы лезвия. Данное смещение режущей кромки не влияет на точность резки, поскольку не превышает 1–1,5 мм.

Эффект самозатачивания также позволяет увеличить срок службы алмазных дисков, используемых для заточки лезвий, благодаря тому, что диски используются попеременно, а не оба сразу; резко снижен сьем металла лезвия во время затачивания, поскольку необходимо произвести только небольшую правку режущей кромки.

2. Электроискровое легирование лезвий с неравномерным износом по длине. Восстановление режущей кромки проводилось в режиме малой энергоемкости с частотой искровых импульсов до 1000 Гц. Легирование велось путем последовательного нанесения на изношенную часть лезвия покрытия с использованием электродов из стали и нихрома. Толщина покрытия находилась в пределах 0,10–0,15 мм на сторону. Периодически выравнивался нанесенный слой на чистовом высокочастотном режиме графитовыми электродами. После восстановления выполнялась заточка лезвия по всей длине, чтобы выровнять обработанную и необработанную части лезвия по высоте профиля режущей кромки. Последним этапом было упрочнение электродами из сплавов Т15К6, ВК8 на чистовом режиме с частотой искровых импульсов до 1500 Гц одной из рабочих граней по всей длине, как было описано в пункте 1.

3. Исправление коробления. Как было описано выше, восстановление и упрочнение лезвий проводились в специальных кондукторах, которые позволяли избегать коробления в процессе обработки. Они же использовались и для исправления коробления у новых лезвий. Для этого применялись графитовые электроды в чистовом режиме с плавной регулировкой частоты искровых импульсов (до 2000 Гц). Обработка проводилась следующим образом. Лезвие зажималось в кондукторе так, чтобы оно максимально плотно прилегало к его поверхности, а длина зоны, в которой шла обработка, не превышала 2–3 см. Чтобы произошел отпуск, обработку вели с вогнутой стороны лезвия, проводя периодическую точечную обработку его направляющих ребер. После касания электродом поверхности частоту искровых импульсов плавно увеличивали до разогрева электрода. Обработка велась в течение 4–7 сек, после чего электрод отводили, лезвие остывало и затем шло легирование в новой точке. Временная периодичность обработки определялась экспериментально исходя из степени нагрева лезвия и времени его полного остывания. На финишном этапе алмазным инструментом шлифовали ребра лезвия в местах обработки для обеспечения необходимого качества поверхности.

Результаты работ по восстановлению опорной части лезвия показаны на рис. 4. На рис. 5 показаны лезвия после упрочнения режущей кромки. Как видно на рисунках, качество обработанной поверхности довольно высокое.



Рис. 4. Лезвия после восстановления поверхности опорной части



а



б

Рис. 5. Лезвия после упрочнения режущей кромки (а, б)

После восстановления и упрочнения были проведены испытания лезвий на швейной фабрике, в ходе которых получены следующие результаты:

- 1) восстановленная направляющая не оказывает влияния на работу станка;
- 2) упрочнение режущей кромки позволило увеличить количество заточек;
- 3) упрочнение и использование эффекта самозатачивания режущей кромки увеличили продолжительность работы лезвий между заточками в 7–10 раз;
- 4) использование эффекта самозатачивания увеличило срок службы алмазных дисков в 5–6 раз.

В экономическом плане это приводит к тому, что за весь срок службы одно обработанное лезвие стороннего производителя заменит не менее 5–7 оригинальных лезвий.

Таким образом, разработан ряд новых технологий, которые позволяют проводить восстановление и упрочнение режущего инструмента методом электроискрового легирования. Применение данных технологий на примере лезвий для пакетного раскроя ткани дало возможность:

- 1) устранить их коробление;
- 2) восстановить опорную часть лезвий;
- 3) увеличить стойкость режущей части лезвий в 6–8 раз.

С учетом небольшой стоимости оборудования для ЭИЛ, невысоких энергетических затрат и небольшого расхода твердосплавных электродов использование обработанных лезвий сторонних производителей становится экономически выгодным. Результаты проведенных исследований и их практические приложения могут успешно применяться для продления срока службы других режущих инструментов.

ЛИТЕРАТУРА

1. www.shanggong.ru
2. www.baroha.ru
3. Попилов А. Я. Справочник по электрическим и ультразвуковым методам обработки материалов. М.: Машиностроение, 1983.
4. Арзамасов Б. Н. и др. Конструкционные материалы. Справочник. М.: Машиностроение, 1990.
5. Лазаренко Б.Р., Красюк Б.А. Способ нанесения слоя износостойчивого металла или сплава на режущий инструмент. Авт. свид. № 68283. Свод. изобр. СССР. 1947. Вып. 4. С. 379–380.
6. Парамонов А.М., Сафронов И.И., Семенчук А.В. Исследование перспективы использования безвибрационного электроискрового легирования // Электронная обработка материалов. 1997. № 5–6. С. 28–32.
7. Парамонов А.М. Закономерности формирования покрытий при электроискровом легировании на повышенных частотах. Безвибрационное электроискровое легирование // Отчет НИР ИПФ АН РМ. № гос. регистр. 81019453. Кишинев, 1985.
8. Фурсов С.П., Парамонов А.М., Добында И.В., Семенчук А.В. Источники питания для электроискрового легирования. Кишинев: Штиинца, 1983.
9. Глыбач К.В., Любчик М.Я., Парамонов А.М., Фурсов С.П. Источник питания для электроэрозионной обработки материалов. Авт. свид. № 318453. Бюл. изобр. и откр., 1971, №32.
10. Парамонов А.М., Фурсов С.П., Любчик М.Я., Глыбач К.В. Источник питания для электроискрового легирования. Авт. свид. № 390900. Бюл. изобр. и откр., 1973, №31.

Поступила 18.01.07

Summary

The analysis of basic defects of sewing cutters is carried out and the technology of their elimination is designed. Results of new method of hardening and increase of service life of cutting blades are given.
