

УДК 621.785.5  
DOI:10.30987/2223-4608-2020-5-19-22

**В.В. Мартынов**, д.т.н.,  
**А.В. Таранова**, магистрант,  
**А.В. Евтеев**, магистрант  
(ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А.», 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77)  
E-mail: v\_martynov@mail.ru

## Оценка возможностей улучшения обрабатываемости изделий инструментом из быстрорежущей стали с модифицированной рабочей частью

*Представлены результаты сравнительной эксплуатации двух видов сверл из быстрорежущей стали: обычных и с рабочей частью, модифицированной воздействием низкотемпературной плазмы. Показана возможность улучшения обрабатываемости изделий по критерию производительности за счет повышения периода стойкости модифицированных сверл. Сформулированы требования к результатам низкотемпературной плазменной модификации, обеспечивающие повышение периода стойкости.*

**Ключевые слова:** изделие; обрабатываемость; производительность; сверло; рабочая часть; период стойкости; модификация.

**V.V. Martynov**, Dr. Sc. Tech.,  
**A.V. Taranova**, Master's degree student,  
**A.V. Evteev**, Master's degree student  
(FSBEI HE "Gagarin State Technical University of Saratov", 77, Polytekhnicheskaya Str., Saratov, 410054)

## Estimate of potentialities for product machinability improvement by high-speed steel tool with modified cutting part

*There are presented results of the comparative operation of two high-speed steel drill types: common ones and those with the working part modified by low-temperature plasma effect. A possibility to improve product machinability according to the criterion of productivity at the expense of the durability period increase of modified drills is shown.*

*There are formulated requirements to the results of low-temperature plasma modification ensuring tool life increase.*

**Keywords:** product; machinability; productivity; drill; working part; tool life; modification.

Под обрабатываемостью принято понимать способность материала поддаваться обработке резанием (точением, сверлением, фрезерованием) или иначе – его комплексную характеристику, оцениваемую рядом показателей, к числу которых относится и производительность.

Производительность связана со скоростью резания, при которой достигается заданная стойкость режущего инструмента. Скорость резания определяется произведением коэффициента обрабатываемости на скорость резания, характеризующую обрабатываемость эталонного материала (обычно стали 45). Производительность в приведенной трактовке является абсолютным показателем обраба-

тываемости.

В представляемой статье рассмотрены вопросы улучшения обрабатываемости материалов, исследуемые ООО «Сфера-Авиа» г. Саратов.

ООО «Сфера-Авиа» – это динамично развивающееся предприятие, работающее в сфере производственных услуг для промышленных компаний различных отраслей. На предприятии применяются следующие материалы: конструкционные углеродистые качественные стали (30 и 45), конструкционные низколегированные стали для сварных конструкций (09Г2, 09Г2С), конструкционные легированные стали (40Х, 30ХГСА), инструментальные углеродистые стали (У8, У10), инструмен-

тальная легированная сталь (9ХВГ), коррозионно-стойкие стали (12Х18Н9, 12Х18Н10Т). Улучшение обрабатываемости этих материалов, в частности сверлением, является актуальной задачей, однако, ее решение данным методом связано с рядом трудностей, обусловленных следующими причинами:

- отличием истинных значений коэффициентов обрабатываемости от табличных, приводимых в справочной литературе, ввиду разброса физико-механических и теплофизических свойств материала (прочности, твердости, ударной вязкости, относительного удлинения, коэффициента теплопроводности и др.) либо внутри партии заготовок, либо между партиями. Иногда значения этих свойств вообще неизвестны;

- техническим состоянием оборудования, на котором ведется обработка материалов, определяющим необходимость снижения интенсивности его нагружения.

Одновременно на обрабатываемость влияет период стойкости режущего инструмента, зависящий от твердости и прочности его материала. Существующие методы повышения стойкости материала инструмента позволяют повышать и производительность [1]. Это достигается не только за счет повышения скорости резания, но и за счет, во-первых, увеличения пути, пройденного инструментом при работе с меньшей скоростью резания; во-вторых, уменьшения числа его переточек за время работы.

Одним из методов повышения стойкости является модификация поверхностного слоя инструмента воздействием низкотемпературной плазмы комбинированного разряда [2]. Модификация выполняется на специальной технологической установке и, уплотняя структуру поверхностного слоя, способствует повышению его микротвердости.

Оценка возможностей улучшения обрабатываемости проводилась на вертикально-фрезерном обрабатывающем центре с ЧПУ мод. ДМС 1035 V есо. Обработывались детали из стали 30ХГСА, относящейся к классу среднелегированной с коэффициентом обрабатываемости в пределах 0,65...1,0. Обработка заключалась в сверлении отверстий обычными и модифицированными сверлами диаметрами 12,1 и 8,1 мм из стали Р6М5 (рис. 1) на следующих параметрах технологического режима:

- частота вращения: для сверл  $d = 12,1$  мм – 600 мин<sup>-1</sup>; для сверл  $d = 8,1$  мм – 800 мин<sup>-1</sup>;
- подача – 25 мм/мин;
- длина прохода – 8 мм.

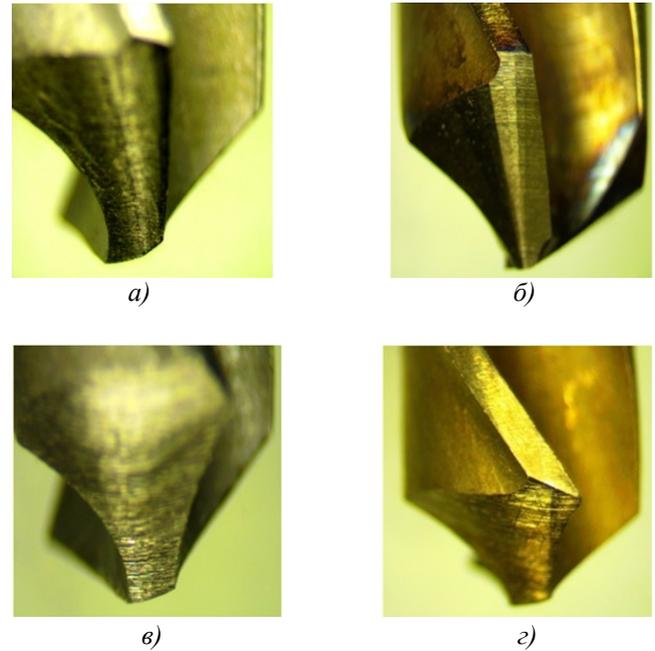


Рис. 1. Обычные сверла  $d = 12,1$  мм (а, в) и модифицированные сверла  $d = 8,1$  мм (б, г)

Вначале выполнялось сверление отверстий до достижения сверлами предельного состояния. Затем проводилось сравнение полученных результатов. Результаты показали, что обычными сверлами было просверлено 73 отверстия, модифицированными – 312 отверстий. Таким образом, период стойкости обычных сверл составил 23 мин, модифицированных сверл – 100 мин, т.е. плазменная обработка обеспечила повышение периода стойкости в 4,3 раза.

Изучение постэксплуатационного состояния модифицированного сверла  $d = 12,1$  мм показало образование на его рабочих поверхностях дефектов в виде зазубрин, налипания металла и сколов на перемычке (рис. 2, а).

Изучение состояния модифицированного сверла  $d = 8,1$  мм показало образование на его рабочих поверхностях дефектов в виде зазубрин, потертостей и выкрашиваний (рис. 2, б).

Общим в обоих случаях является отсутствие трещин, а также значительно меньшие размеры дефектов по сравнению с аналогичными дефектами, зафиксированными у обычных сверл. Состояние сверла  $d = 8,1$  мм в целом оказалось более удовлетворительным, чем состояние сверла  $d = 12,1$  мм. Это связано с более тяжелыми условиями, в которых работало сверло  $d = 12,1$  мм, поскольку удаляло из детали в 2,23 раза больше объема материала, чем сверло  $d = 8,1$  мм, подвергаясь тем самым действию большей удельной нагрузки.

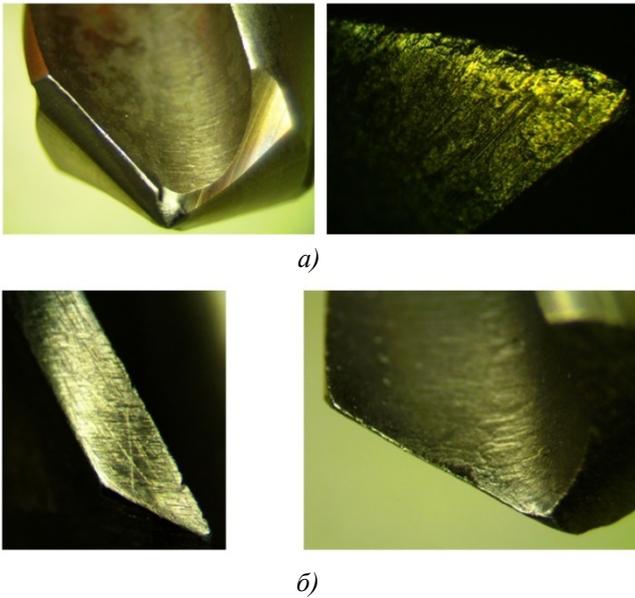


Рис. 2. Вид рабочих поверхностей сверл после эксплуатации:

$a - d = 12,1$  мм;  $b - d = 8,1$  мм

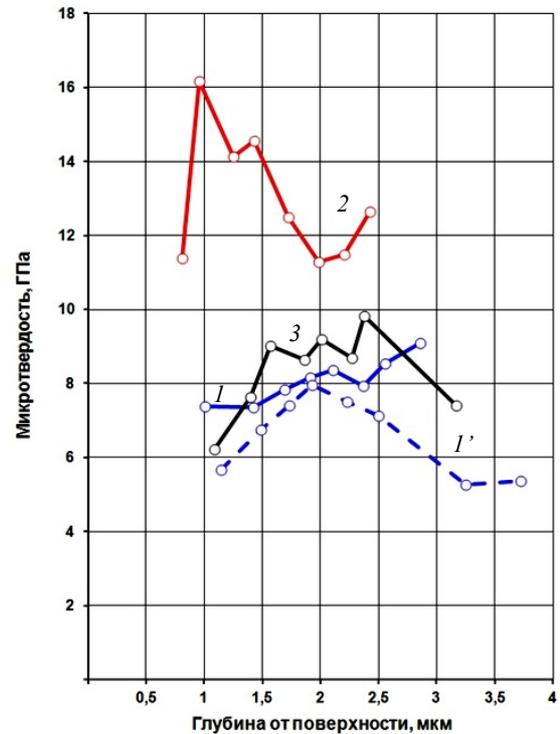
С целью подтверждения достоверности этого вывода по методике, изложенной в работе [3], было выполнено измерение микротвердости рабочих поверхностей сверл до и после модификации, а также после эксплуатации. Статистическая обработка результатов измерений показала следующее (рис. 3):

- модификация сверла  $d = 12,1$  мм обеспечила повышение микротвердости поверхностного слоя в среднем в 1,61 раза, однако, разброс ее значений увеличился в 1,86 раза (рис. 3, *a*). После окончания эксплуатации микротвердость вернулась практически на исходный (до модификации) уровень, причем ее снижение произошло немонотонно: наиболее заметно оно имело место у поверхности и в объеме; разброс значений увеличился в 1,9 раза, модифицированный слой сошел с рабочих поверхностей полностью;

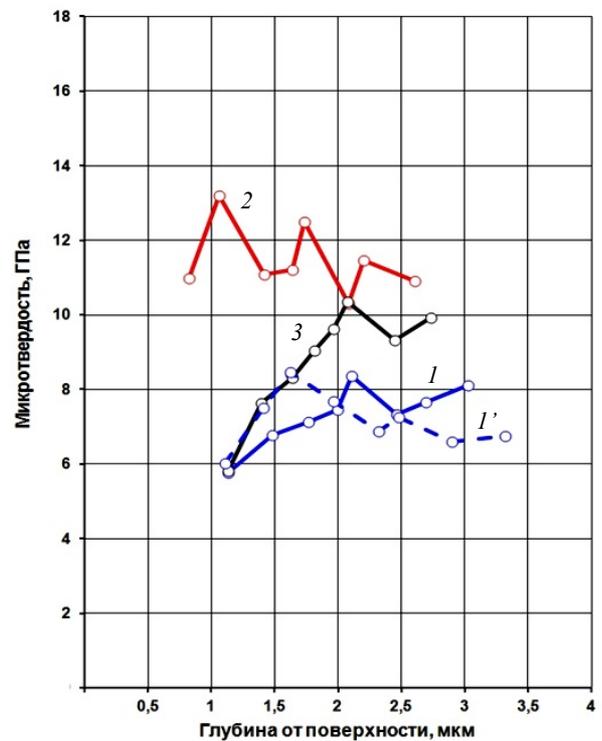
- модификация сверла  $d = 8,1$  мм обеспечила повышение микротвердости поверхностного слоя в среднем в 1,56 раза, при этом разброс ее значений уменьшился в 1,35 раза (рис. 3, *б*). После окончания эксплуатации микротвердость снизилась, в среднем, в 1,2 раза, превышая при этом исходный уровень; снижение произошло монотонно от поверхности в объем, в объеме снижение оказалось практически незначимым; разброс значений микротвердости увеличился в 1,52 раза.

Сравнение результатов измерений показало, что у сверла  $d = 12,1$  мм уплотнение исходной структуры после модификации про-

изошло до меньшей, чем у сверла  $d = 8,1$  мм глубины; в ходе эксплуатации это привело к тому, что состояние рабочей части сверла  $d = 12,1$  мм ухудшилось в 1,65 раза.



*a)*



*б)*

Рис. 3. Распределение микротвердости сверл  $d = 12,1$  мм (*a*) и  $d = 8,1$  мм (*б*) по глубине поверхностного слоя до (1), после (2) плазменной обработки, после испытаний (3) и после переточки (1')

Переточка сверл и их дальнейшая эксплуатация показали следующее:

– переточка сверла  $d = 12,1$  мм привела к снижению микротвердости в среднем в 1,2 раза по сравнению с исходной, увеличению в 2,16 раза разброса ее значений. Глубина проникновения индентора при измерениях увеличилась в 1,3 раза (рис. 3, а), показав снижение степени уплотнения структуры. Это означает, что переточка повлияла на физико-механические свойства поверхностного слоя значимо. В ходе последующей обработки было просверлено 79 отверстий с двумя дополнительными переточками;

– переточка сверла  $d = 8,1$  мм привела к восстановлению микротвердости и разбросу ее значений до исходного уровня (рис. 3, б). Степень уплотнения структуры изменилась аналогично. Это означает, что переточка значимо не повлияла на физико-механические свойства поверхностного слоя. В ходе последующей обработки было просверлено 142 отверстия без дополнительных переточек.

Представленные в статье материалы позволяют сделать вывод о том, что при эксплуатации и последующей переточке инструмента из быстрорежущей стали его физические и механические свойства постепенно утрачиваются, поэтому модификация рабочей части является одним из перспективных направлений улучшения обрабатываемости материалов резанием по критерию увеличения периода стойкости инструмента.

Основным условием, обеспечивающим наиболее эффективные результаты низкотемпературной плазменной модификации инструмента из быстрорежущей стали, является снижение величины разброса значений микротвердости поверхностного слоя его рабочей части, означающее более равномерное уплотнение материала. В процессе эксплуатации это обеспечит более устойчивую реакцию рабочей части на возмущения при контактных взаимодействиях с обрабатываемым материалом, за-

медляющую скорость потери работоспособности и уменьшающую степень изменения состояния. Результатом будет увеличение ресурса инструмента, с одной стороны, за счет увеличения периода стойкости между переточками, с другой – за счет уменьшения числа переточек.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бржозовский, Б.М., Зинина, Е.П., Мартынов, В.В., Плешакова, Е.С. Сравнительный анализ характеристик твердости инструментальных материалов // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2014. – №3. – С. 3-7.
2. Бржозовский, Б.М., Зинина, Е.П., Мартынов, В.В. Технологии улучшения поверхностных свойств геометрически сложных изделий воздействием низкотемпературной плазмы // Научные технологии в машиностроении. – 2017. – №8 (74). – С. 24-29.
3. Бржозовский, Б.М., Мартынов, В.В., Зинина, Е.П. Анализ структуры и состояния поверхностного слоя металлорежущего инструмента, модифицированного воздействием низкотемпературной плазмы // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2013. – №10 (106). – С. 42-47.

## REFERENCES

1. Brzhozovsky B.M., Zinina E.P., Martynov V.V., Pleshakova E.S. Comparative analysis of tool material hardness characteristics // *Strengthening Technologies and Coatings*. – 2014. – No.3. – pp. 3-7.
2. Brzhozovsky B.M., Zinina E.P., Martynov V.V., Technologies for surface properties improvement in geometrically complex products by low-temperature plasma effect // *Science Intensive Technologies In Mechanical Engineering*. – 2017. – No.8 (74). – pp. 24-29.
3. Brzhozovsky B.M., Martynov V.V., Zinina E.P., Analysis of structure and state of surface layer in metal-cutting tool modified by low-temperature plasma effect // *Strengthening Technologies and Coatings*. – 2013. – No.10 (106). – pp. 42-47.

Рецензент д.т.н. Ю.Л. Чигиринский