

УДК 621.893.1:621.761

UDC 621.893.1:621.761

ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ НИКЕЛЬ-ФОСФОРНОГО ПОКРЫТИЯ НА СТОЙКОСТЬ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Бутенко¹ В. И., Зимбикевич² Д. В.

¹Инженерно-технологическая академия
Южного федерального университета, Таганрог,
Российская Федерация

vibutenko@sfedu.ru

²Донской государственный технический
университет, Ростов-на-Дону, Российская
Федерация

mr.Zimbikevich@mail.ru

Статья посвящена изучению проблемы повышения износостойкости монолитного металлорежущего инструмента. Новый способ повышения стойкости спиральных сверл из быстрорежущей стали предполагает нанесение на их рабочие поверхности никель-фосфорного покрытия, которое затем обрабатывается лазером. Метод создан и прошел испытания в лаборатории механики инженерно-технологической академии Южного федерального университета совместно с опытно-производственной лабораторией ОАО «Ейский станкостроительный завод».

Ключевые слова: никель-фосфорное покрытие, сверло, упрочнение, стойкость, лазерная обработка.

Введение. В современном машиностроении весьма остро стоит проблема износостойкости монолитного режущего инструмента из быстрорежущей стали и твердого сплава. Для достижения высокой производительности инструменту приходится работать на высоких скоростях, больших подачах и оборотах. Таким образом непосредственно в зоне резания создается агрессивная среда (высокие температуры, трение), что и приводит инструмент к быстрому износу (абразивному, адгезионному, окислительному и диффузионному).

Цель данной работы — изучить возможности повышения стойкости металлорежущего инструмента при обработке высоколегированных сталей и сплавов, особенно при использовании инструментов из быстрорежущей стали [1]. В рамках представленного исследования рассматривается новый способ повышения стойкости спиральных сверл из быстрорежущей стали. Он предполагает нанесение на их рабочие поверхности никель-фосфорного покрытия, которое затем обрабатывается лазером. Метод создан и прошел испытания в лаборатории механики инженерно-технологической академии Южного федерального университета совместно с опытно-производственной лабораторией ОАО «Ейский станкостроительный завод».

INFLUENCE OF LASER PROCESSING OF NICKELPHOSPHOROUS COATING ON CUTTING TOOLS DURABILITY

Butenko¹ V. I., Zimbikevich² D. V.

¹Engineering and Technological Academy of Southern
Federal University, Taganrog, Russian Federation

vibutenko@sfedu.ru

²Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian
Federation

mr.Zimbikevich@mail.ru

The article is devoted to the study of the problem of increasing the wear resistance of monolithic metal-cutting tools. A new method of increasing the resistance of spiral drills made of high-speed steel involves the application of nickel-phosphorus coating on their working surfaces, which is then processed by a laser. The method was created and tested in the laboratory of Engineering and Technological Academy of Southern Federal University together with the experimental production laboratory of JSC "Yeisk machine-tool plant."

Keywords: nickel-phosphorus coating, drill, hardening, resistance, laser treatment.

Основная часть. Эксперименты проводились на спиральных сверлах диаметром 18 мм из быстрорежущей стали P18Ф2К8М. Геометрия их заточки соответствовала ГОСТ 885-77: $2\varphi = 118^\circ$, $\psi = 55^\circ$, $B = 2,8$ мм, $\alpha = 12^\circ$. Сверление отверстий в брусках из сталей 12ХМФА, 16ГНМА и сплава 45Х25Н20С2А осуществлялось на вертикально-сверлильном станке 2Н150 с подачей 0,15 мм/об и следующими значениями скоростей резания: для сталей 12ХМФА и 16ГНМА — 0,19 м/с, для сплава 45Х25Н20С2А — 0,12 м/с. В качестве смазочно-охлаждающей жидкости использовался водный раствор эмульсола ЭТ-2.

Никель-фосфорное покрытие наносилось на поверхность сверл электролитическим способом при плотности пропускания тока $i = 80$ мА/см² в течение 20 минут. Использовался водный электролит следующего состава: сернокислый никель — 120 г/л, хромистый никель — 20 г/л, гипофосфат натрия — 15 г/л, ортофосфорная кислота — 40 мл/л, борная кислота — 20 мл/л. Толщина получаемого покрытия измерялась на вертикальном длиннотере ИВЗ-1 и составляла $0,015 \pm 0,001$ мм.

Нанесенное на рабочие поверхности сверла никель-фосфорное покрытие впоследствии обрабатывалось одним из способов:

— подвергалось объемной термообработке в муфельной печи типа МП-2 при температуре 400 °С в течение одного часа с последующим охлаждением вместе с печью;

— облучалось лазером на технологических лазерных установках «Квант-18» и «ГОС-30М» при длительности импульса излучения $5 \cdot 10^{-3}$ с, плотности мощности излучения 200 МВт/м² и степени дефокусировки луча 4 мм.

При сравнительных испытаниях сверл на стойкость в качестве критерия принимался износ по задней поверхности, равный 0,5 мм. Износ измерялся с помощью микроскопа БМИ-1. Каждый эксперимент повторялся 10 раз, после чего вычислялось среднее арифметическое значение стойкости сверла. Мощность критерия Стьюдента t_c (критическое значение $[t_c] = 3,0$) составила:

— при сверлении сталей 12ХМФА и 16ГНМА — 5,33;

— при сверлении сплава 45Х25Н20С2А — 4,18.

Из данных рис. 1 следует, что нанесение на рабочие поверхности сверл из быстрорежущей стали никель-фосфорного покрытия с последующим его лазерным облучением позволяет повысить их стойкость при обработке высоколегированных сталей и сплавов почти в 2 раза.

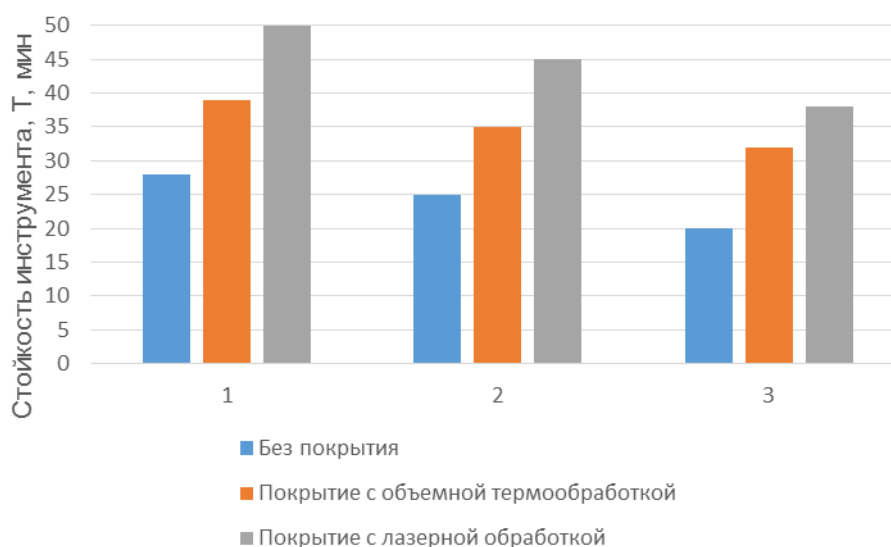
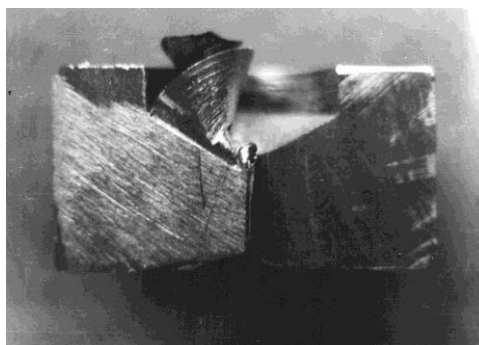
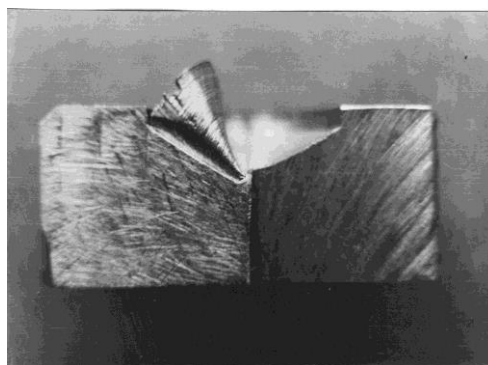


Рис. 1. Значения стойкости спиральных сверл при различных способах обработки высоколегированных сталей и сплавов: 1 — сталь 12ХМФА, 2 — сталь 16ГНМА, 3 — сплав 45Х25Н20С2А

Этот результат обусловлен тем, что покрытие нивелирует (выравнивает) шероховатости рабочих поверхностей сверл и в зоне резания снижается коэффициент трения между сверлом и обрабатываемым материалом. Об этом свидетельствуют исследования процессов стружко- и наростообразования (рис. 2, 3), выполненные с использованием устройства для быстрого вывода сверла из зоны резания [2, 3, 4].

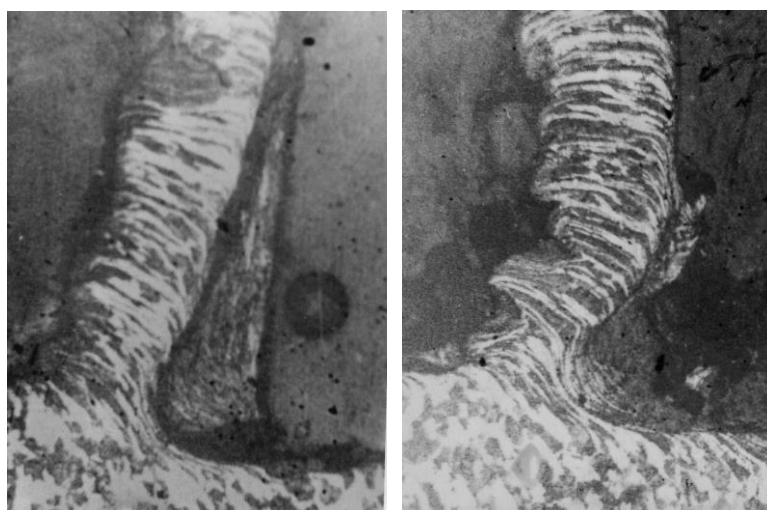


а)



б)

Рис. 2. Зоны стружкообразования при сверлении отверстий сверлами без покрытия (а) и с никель-фосфорным покрытием (б)



а)

б)

Рис. 3. Нарост ($\times 70$) на передней поверхности инструмента на относительном диаметре 0,5 при сверлении отверстий в стали 12ХМФА без покрытия (а) и с никель-фосфорным покрытием (б)

Нивелирование рабочих поверхностей сверл способствует более равномерному выходу и распределению давления на режущие кромки инструмента (см. рис. 2, б), что существенно снижает вибрацию [5, 6, 7]. При этом изменяется форма нароста на передней поверхности сверла (см. рис. 3, б), сокращается угол резания, и, как следствие, уменьшаются крутящий момент и осевая сила резания.

С помощью интерференционного микроскопа МИИ-4М проведены металлографические исследования состояния никель-фосфорного покрытия (рис. 4).

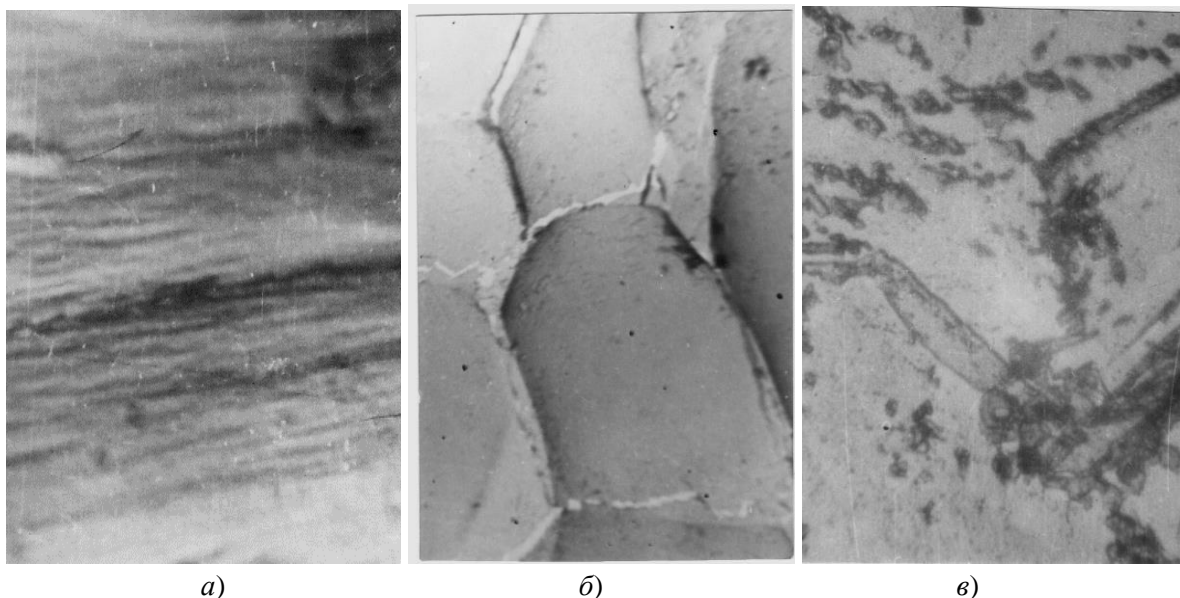


Рис. 4. Состояние никель-фосфорного покрытия ($\times 1000$) после его электролитического нанесения (а), объемной термической обработки (б) и лазерной обработки (в)

Таким образом удалось установить, что объемная термическая обработка покрытия после его электролитического нанесения приводит к образованию агрегатированных фосфидов никеля размером 2–3 мкм, между которыми, по-видимому, располагаются атомы чистого никеля (см. рис. 4, б).

При лазерной обработке никель-фосфорного покрытия на его поверхности образуются кластеры фосфидов никеля. При этом соединения фосфора с углеродом выделяются в виде фрагментированных частиц наноразмерной толщины, имеющих прочную адгезионную связь с кластерами и выполняющих роль твердой смазки (см. рис. 4, в).

Благодаря такому состоянию никель-фосфорного покрытия стойкость сверл возрастает на 50–60 % по сравнению со сверлами, усиленными покрытиями с объемной термической обработкой (см. рис. 1).

Заключение. Исследована эффективность нового способа повышения стойкости спиральных сверл, который заключается в нанесении на рабочие поверхности никель-фосфорного покрытия с последующей лазерной обработкой. Данная операция выполняется на дорогостоящих лазерных установках типа «Квант-18» или «ГОС-30М». Таким образом, применение новой технологии даст значительный технико-экономический эффект, только если на предприятии в течение года используется не менее двух тысяч сверл разных типоразмеров.

**Библиографический список**

1. Бутенко, В. И. Стратегический инновационный менеджмент в станкостроении / В. И. Бутенко, Ю. П. Анкудимов, Ю. Г. Чернега. — Ростов-на-Дону : Изд. центр ДГТУ, 2015. — 264 с.
2. Бутенко, В. И. Научные основы функциональной инженерии поверхностного слоя деталей машин / В. И. Бутенко. — Ростов-на-Дону : Изд. центр ДГТУ, 2017. — 481 с.
3. Солонин, Н. С. Математическая статистика в технологии машиностроения / Н. С. Солонин. — Москва : Машиностроение, 1972. — 215 с.
4. Бутенко, В. И. Исследование условий трения на контактных площадках инструмента с никельфосфорным покрытием : дис. ... канд. техн. наук. — Новочеркасск, 1973. — 144 с.
5. Бутенко, В. И. Формирование квазиравновесного состояния поверхностного слоя детали при механической обработке : дис. ... д-ра техн. наук. — Таганрог, 1991. — 358 с.
6. Бутенко, В. И. Научно-технические технологии создания высокоресурсных деталей машин / В. И. Бутенко, Д. С. Дуров, Р. Г. Шаповалов. — Таганрог : Изд-во ЮФУ, 2014. — 404 с.
7. Верещака, А. С. Повышение эффективности инструмента путем управления составом, структурой и свойствами покрытий / А. С. Верещака, А. А. Верещака // Упрочняющие технологии и покрытия. — 2005. — № 9. — С. 9–18.