

DOI: 10.53078/20778481_2021_3_90

УДК 621.785.5

В. М. Шеменков, Р. В. Кулинченко, В. В. Шеменков

ВЛИЯНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОДИФИЦИРОВАННОГО ТЛЕЮЩИМ РАЗРЯДОМ ЛЕЗВИЙНОГО ИНСТРУМЕНТА НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОБРАБАТЫВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ

V. M. Shemenkov, R. V. Kulichenko, V. V. Shemenkov

THE EFFECT OF USING A GLOW-DISCHARGE MODIFIED BLADE TOOL ON QUALITY CHARACTERISTICS OF SURFACES OF PROCESSED PARTS AND ENERGY EFFICIENCY OF THE CUTTING PROCESS

Аннотация

Представлены результаты исследования шероховатости обработанной поверхности; дюрометрические исследования поверхностных слоев обработанной поверхности и главной составляющей силы резания. В результате исследований выявлен механизм влияния использования модифицированного тлеющим разрядом лезвийного инструмента на силовые параметры процесса резания и качественные характеристики поверхностей обрабатываемых деталей.

Ключевые слова:

тлеющий разряд, структура, морфология, сила резания, модифицирующая обработка, поверхностный слой, качество поверхностного слоя.

Для цитирования:

Шеменков, В. М. Влияние использования модифицированного тлеющим разрядом лезвийного инструмента на качественные характеристики поверхностей обрабатываемых деталей и энергоэффективность процесса резания / В. М. Шеменков, Р. В. Кулинченко, В. В. Шеменков // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2021. – № 3(72). – С. 90–98.

Abstract

The paper presents the results of study of treated surface roughness, as well as durometric studies of surface layers of the treated surface and the main component of the cutting force. The research revealed the mechanism of the effect of using a blade tool modified by glow discharge on force parameters of the cutting process and quality characteristics of surfaces of the parts treated.

Keywords:

glow discharge, structure, morphology, cutting force, modifying treatment, surface layer, surface layer quality.

For citation:

Shemenkov, V. M. The effect of using a glow-discharge modified blade tool on quality characteristics of surfaces of processed parts and energy efficiency of the cutting process / V. M. Shemenkov, R. V. Kulichenko, V. V. Shemenkov // The Belarusian-Russian university herald. – 2021. – № 3(72). – P. 90–98.

Введение

Одним из основных направлений развития современного машиностро-

ния, помимо постоянного повышения производительности, является повышение энергоэффективности процесса резания. Как известно, в структуре се-

бестоимости продукции после затрат на режущий инструмент важной статьей расходов являются затраты на электроэнергию. Учитывая тот факт, что количество потребляемой электроэнергии при лезвийной обработке в большей степени зависит от силовых характеристик процесса резания, делает задачу управления силовыми характеристиками механической обработки весьма важной. Указанная задача может решаться путем подбора оптимальных режимов резания, однако это зачастую не получается сделать, т. к., задавая оптимальные скорость, подачу и глубину резания, мы существенно ограничиваем рост производительности металлообработки.

Как показал многолетний опыт исследований, одними из перспективных способов повышения энергоэффективности процесса резания могут быть предложены методы, позволяющие за счет модифицирования рабочих поверхностей режущего инструмента снизить силовые параметры процесса резания [1].

Проведенные ранее исследования по влиянию использования модифицированных твердосплавных пластин на термоЭДС, возникающий в зоне резания, выявил, что морфологические изменения на передней поверхности режущего инструмента значительно влияют на уменьшение температуры в зоне резания [1].

Однако, для получения полной картины влияния обработки режущего инструмента тлеющим разрядом на процесс резания металла огромный интерес вызывает установление влияния использования модифицированного тлеющим разрядом лезвийного инструмента на качественные характеристики поверхностей обрабатываемых деталей и энергоэффективность процесса резания.

В рамках работы исследования проводились при точении заготовок ($\varnothing 145 \times 200$) из стали 45 ГОСТ 1050–88 (160...180 НВ) проходными резцами. В качестве инструмента использовался резец, оснащенный многогранной непе-

ретачиваемой пластиной SDUM-160408 E-02 по ГОСТ 19042–80 из твердых сплавов ВК8 и Т15К6 по ГОСТ 3882–74, ТН20 по ГОСТ 26530–85 и многогранной пластины SNUN-120416 минералокерамики ЦМ-332 (ТУ 388-60-2209-55).

Методика исследования

Для комплексного исследования процесса резания при точении был собран стенд на базе токарного станка 1К62 (зав. № 1228) (рис. 1).

Измерение тангенциальной силы резания осуществлялось при помощи электронного динамометра АЦД/1С-3 (зав. № 6061), подключенного к персональному компьютеру с установленным специальным программным продуктом, позволяющим снимать показания с динамометра в реальном времени при точении образца. Предел измерения усилия составляет 3000 Н, пределы погрешности измерения – $\pm 0,24\%$.

Измерение шероховатости обработанной поверхности производилось с помощью контактного (щупового) метода при помощи профилометра-профилографа Mitutoyo SJ-210 (зав. № 500821705). Измерение осуществлялось непосредственно на исследовательском стенде без снятия обработанного изделия.

При точении использовался проходной резец, имеющий следующую геометрию режущей части: передний угол $\gamma = 11^\circ$; задний угол $\alpha = 6^\circ$; угол наклона главной режущей кромки $\lambda = 0^\circ$; главный угол в плане $\phi = 45^\circ$; вспомогательный угол в плане $\phi_1 = 45^\circ$; радиус при вершине $r = 0,8$ мм. Для резца, оснащенного минералокерамикой, передний угол $\gamma = -5^\circ$; задний угол $\alpha = 5^\circ$; угол наклона главной режущей кромки $\lambda = 10^\circ$; главный угол в плане $\phi = 45^\circ$; вспомогательный угол в плане $\phi_1 = 45^\circ$. При проведении всех экспериментов СОТС среды не применялись.

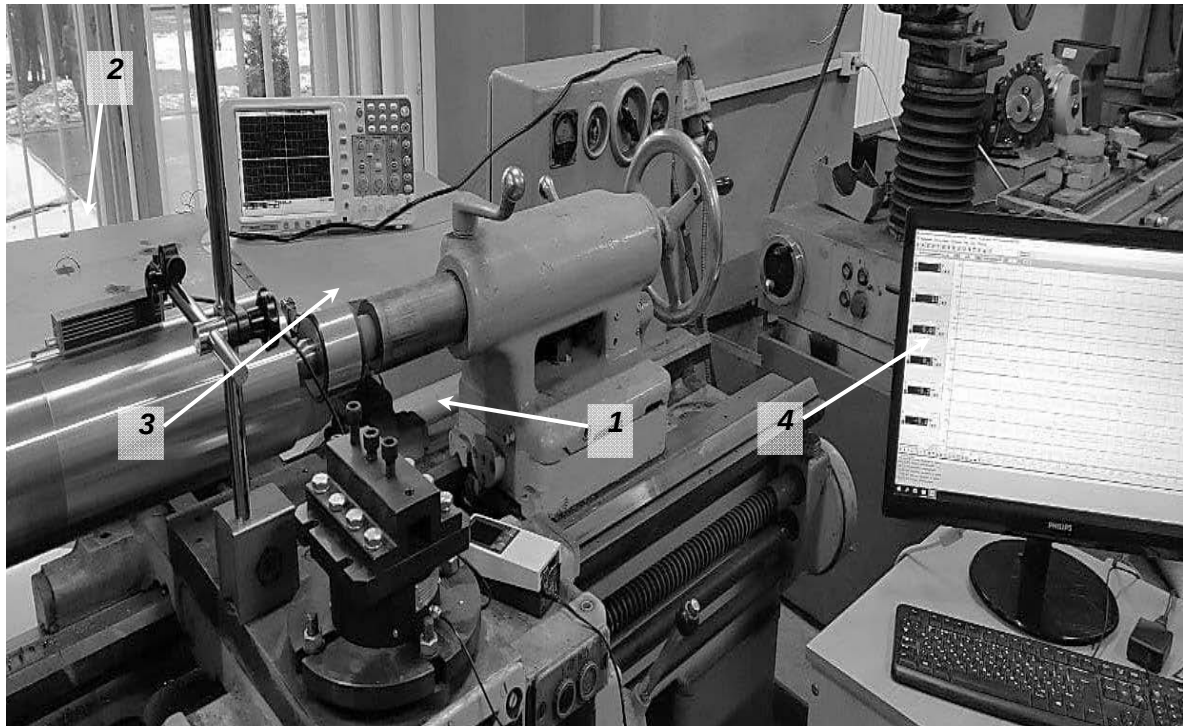


Рис. 1. Исследовательский стенд для определения тангенциальной составляющей силы резания и шероховатость обработанной поверхности: 1 – динамометр; 2 – профилометр-профилограф; 3 – резец; 4 – персональный компьютер

Подачу инструмента приняли равной 0,12 мм/об в соответствии с рекомендациями, приведенными в [2, 3], для полуставочного точения с глубиной резания 1,0 мм.

В качестве объектов исследования, при определении влияния использования модифицированного инструмента на микротвердость поверхностного слоя обрабатываемого изделия, выступали диски диаметром 100 мм и длиной 80 мм (что соответствует пути резания вершины резца 150 м) (рис. 2).

Измерения микротвердости проводили по торцовой поверхности дисков на расстоянии до 300 мкм от цилиндрической поверхности, с шагом 25 мкм. На каждом слое количество уколов принималось не менее 5.

Исследование производилось на твердомере AFFRI-URBV-VRS (зав. № 75703), путем вдавливания алмазного наконечника в форме правильной четырехгранной пирамиды с углом

при вершине между противоположными гранями 136° в образец под действием нагрузки 0,49 Н, приложенной в течение 10 с и измерения диагоналей отпечатка, оставшегося на поверхности после снятия нагрузки [4, 5].

Для установления зависимости приращения тангенциальной составляющей силы резания был принят коэффициент приращения тангенциальной составляющей силы резания k_{Pz} , который показывает, во сколько раз происходит повышение ($k_{Pz} > 1$) или понижение ($k_{Pz} < 1$) тангенциальной составляющей силы резания после обработки в тлеющем разряде по отношению к необработанному.

Для установления зависимости приращения тангенциальной составляющей силы резания от основных факторов процесса модифицирующей обработки в тлеющем разряде, зависимость $k_{Pz} = f(U, J, T)$ аппроксимировали полиномом второй степени. Эксперимент

проведен по программе центрального композиционного ротатбельного планирования второго порядка [6, 7].

Результаты исследования и их обсуждение

На основании статистической обработки экспериментальных данных, полученных при исследовании приращения тангенциальной составляющей силы резания от основных факторов процесса модифицирующей обработки в

тлеющем разряде лезвийного инструмента, получены зависимости в натуральном выражении, адекватно представляющие эксперимент. Графические интерпретации полученных зависимостей представлены на рис. 2–6, где указано влияние напряжения U тлеющего разряда и времени обработки T (а), напряжения U и плотности тока J (б), плотности тока J тлеющего разряда и времени обработки T (в) на зависимость коэффициента приращения тангенциальной составляющей силы резания k_{pz} .

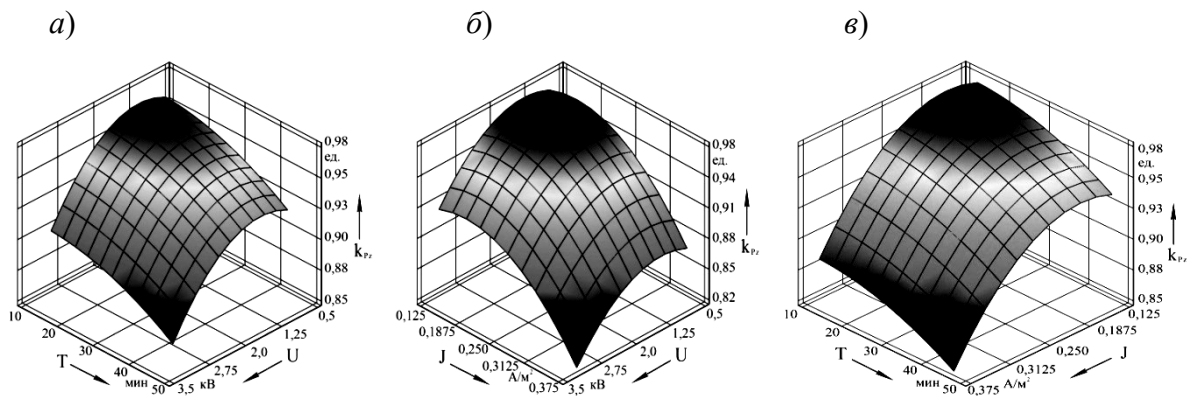


Рис. 2. При обработке стали 45 твердым сплавом BK8

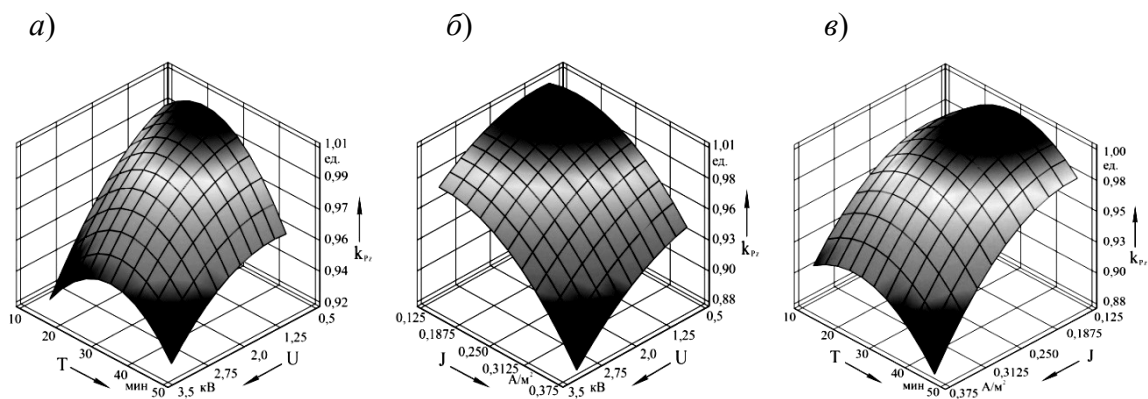


Рис. 3. При обработке стали 45 твердым сплавом T15K6

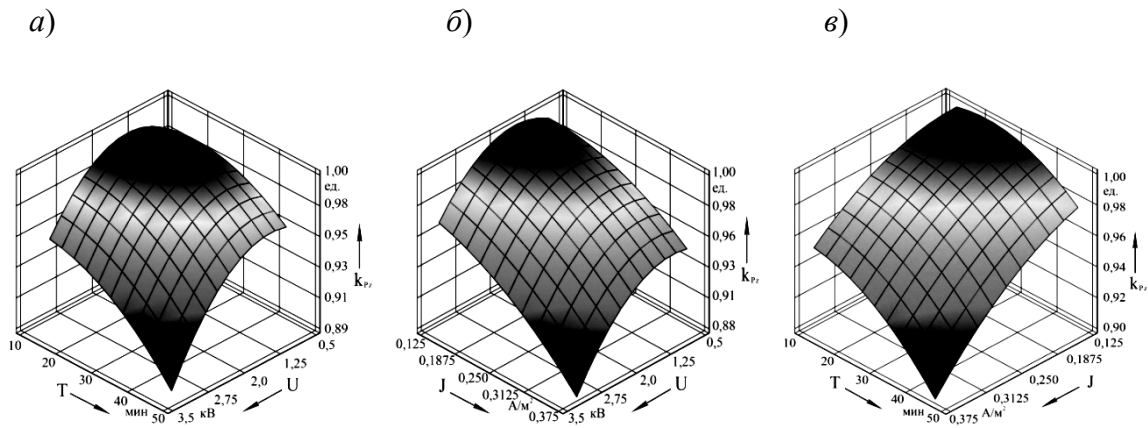


Рис. 4. При обработке стали 45 твердым сплавом ТН20

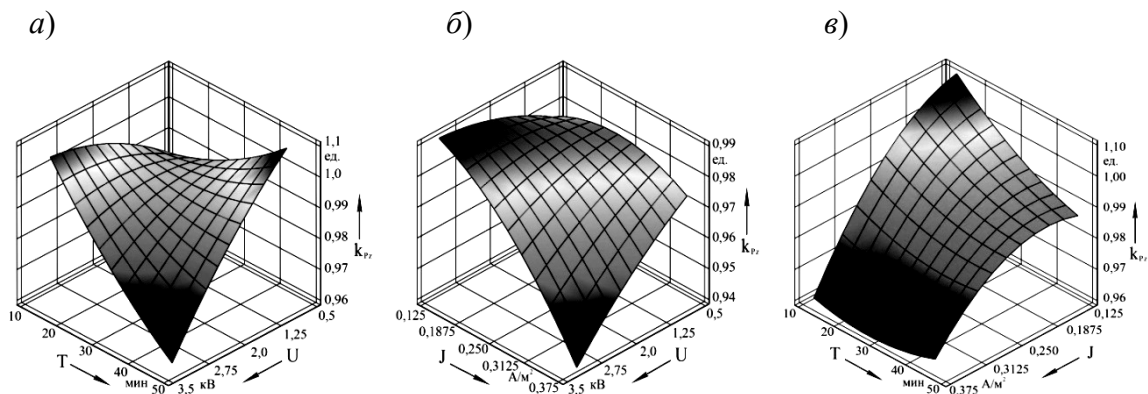


Рис. 5. При обработке стали 45 минералокерамикой ЦМ-332

Анализ полученных результатов выявил, что использование обработанного тлеющим разрядом режущего твердосплавного инструмента при токарной обработке заготовки из стали 45 ГОСТ 1050–88 приводит к снижению главной составляющей силы резания. Так, установлено, что модифицирование тлеющим разрядом твердого сплава ВК8 приводит к снижению силы резания и составляет в среднем 15 %...20 %, твердого сплава Т15К6 10 %...15 %, твердого сплава ТН-20 8 %...10 %. При использовании обработанной минералокерамики ЦМ-332 главная составляющая силы резания уменьшается до 5 %. Установлено, что наибольшее уменьшение величины главной составляющей силы

резания наблюдается при использовании лезвийного инструмента, обработанного в течение 30 мин тлеющим разрядом с напряжением горения $U = 3,2$ кВ и плотностью тока $J = 0,375$ А/м².

Как видно из результатов дюрометрического анализа, обработка образца из конструкционной стали 45 лезвийным инструментом приводит к росту микротвердости его поверхностного слоя глубиной до 180 мкм (рис. 6–9, линия 2) по отношению к необработанному образцу (рис. 6–9, линия 1). Прирост твердости при точении твердым сплавом ВК8 составляет 10 %...12 % (с 220...225 НВ до 245...50 НВ), при точении твердым сплавом Т15К6 твердость увеличивается на 6 %...8 %

(до 235...240 HV), при точении твердым сплавом ТН20 – на 10 %...15 % (до 247...255 HV). При точении минералокерамикой ЦМ-332 твердость поверхностного слоя увеличивается на 15 %...20 % (до 255...260 HV).

Использование режущего инстру-

мента с модифицированными тлеющим разрядом режущими элементами приводит к незначительному влиянию (около 1 %...2 %) на твердость поверхностного слоя обрабатываемой детали (рис. 6–9, линия 3).

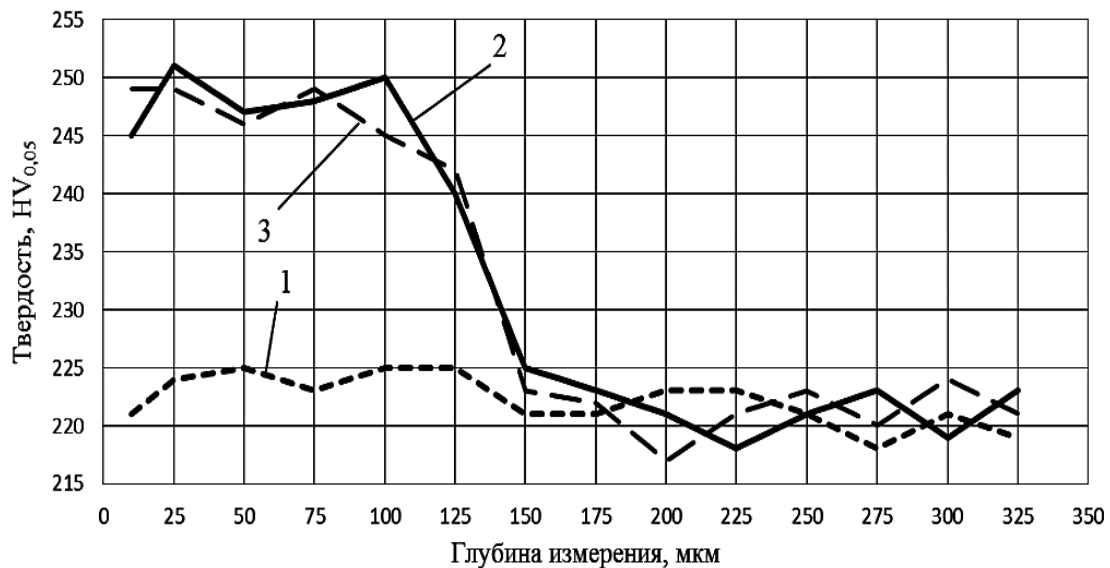


Рис. 6. Изменение микротвердости по глубине образца из стали 45 при обработке инструментом, оснащенным твердым сплавом ВК8

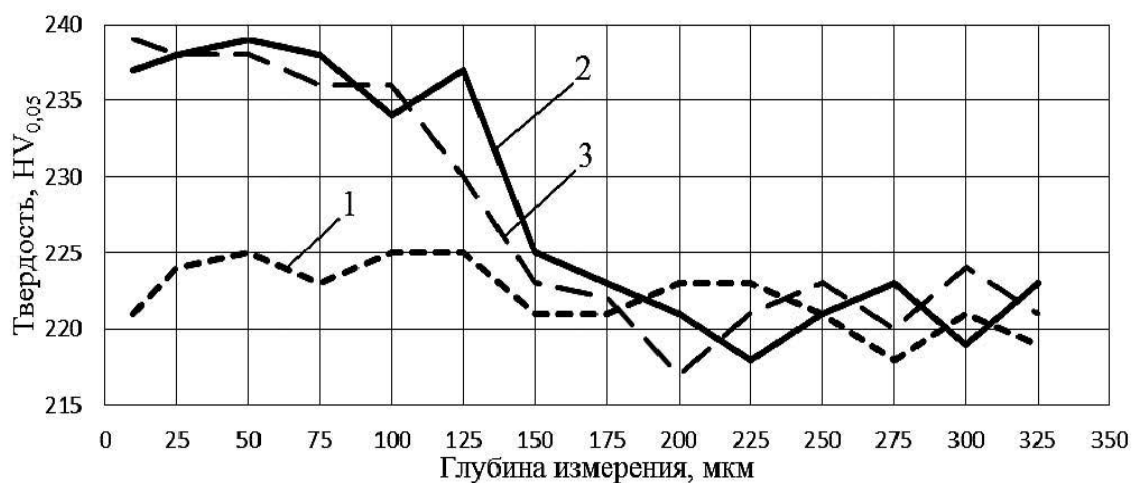


Рис. 7. Изменение микротвердости по глубине образца из стали 45 при обработке инструментом, оснащенным твердым сплавом Т15К6

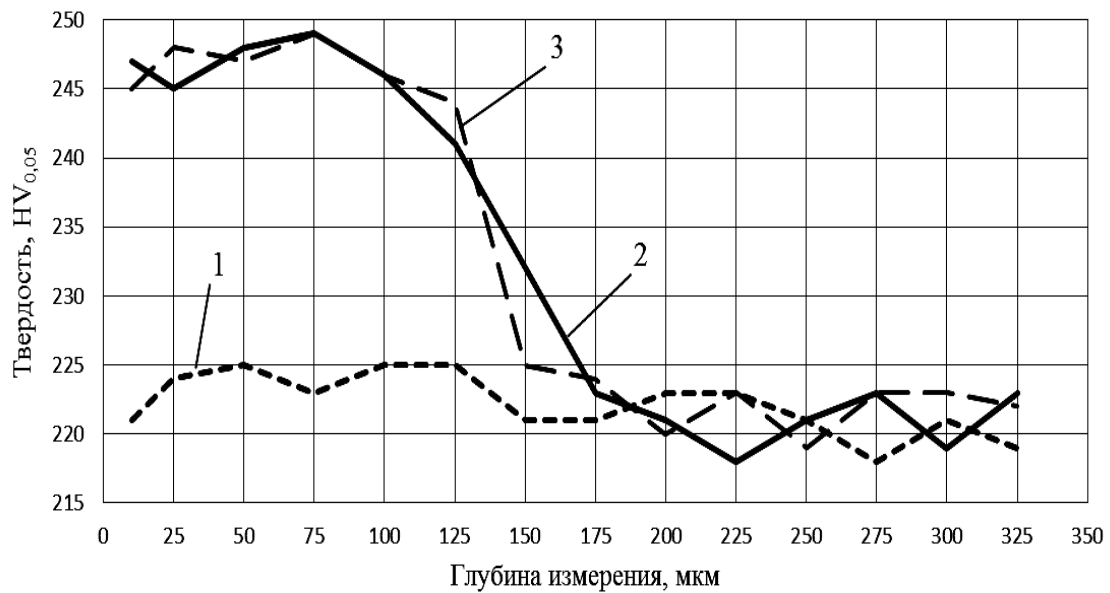


Рис. 8. Изменение микротвердости по глубине образца из стали 45 при обработке инструментом, оснащенным твердым сплавом TN20

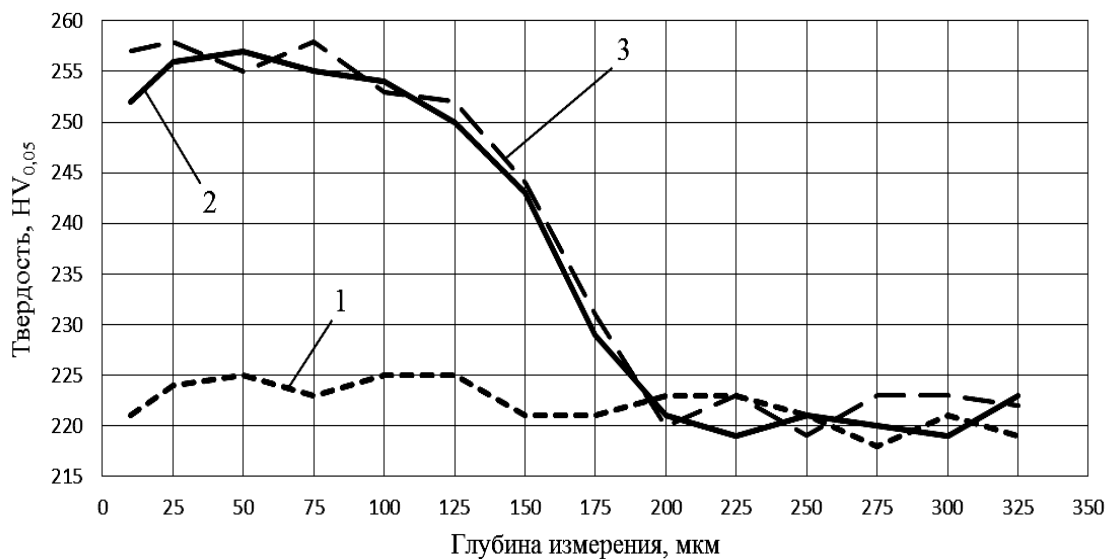


Рис. 9. Изменение микротвердости по глубине образца из стали 45 при обработке инструментом, оснащенным минералокерамикой ЦМ-332

Для оценки влияния использования модифицированного тлеющим разрядом режущего инструмента на шероховатость обработанных поверхностей являлись данные, полученные от измерения шероховатости от трех основных участков обрабатываемой

поверхности, соответствующих врезанию инструмента в заготовку и началу процесса резания: (участок № 1), находящийся посередине заготовки, соответствующий моменту окончания периода приработки режущей кромки и 250 м резания (участок № 2) и выходу

да инструмента из процесса резания и соответствующий 500 м резания (участок № 3).

Типовая картина результата измерения шероховатости обработанной резцом с режущей пластиной из твердого сплава ВК8 поверхности представлена на рис. 10.

Анализируя результаты исследования шероховатости (табл. 1), можно заметить, что использование модифицированного тлеющим разрядом режу-

щего инструмента при токарной обработке заготовки из стали 45 приводит к незначительному росту шероховатости поверхности по отношению к инструменту в состоянии поставки. Так, при использовании инструмента из модифицированного твердого сплава ВК8 шероховатость обработанной поверхности увеличивается на 6 %...10 %, для твердого сплава Т15К6 – на 3 %...7 %, для твердого сплава ТН-20 – на 3 %...5 %, для минералокерамики ЦМ-332 – на 3 %.

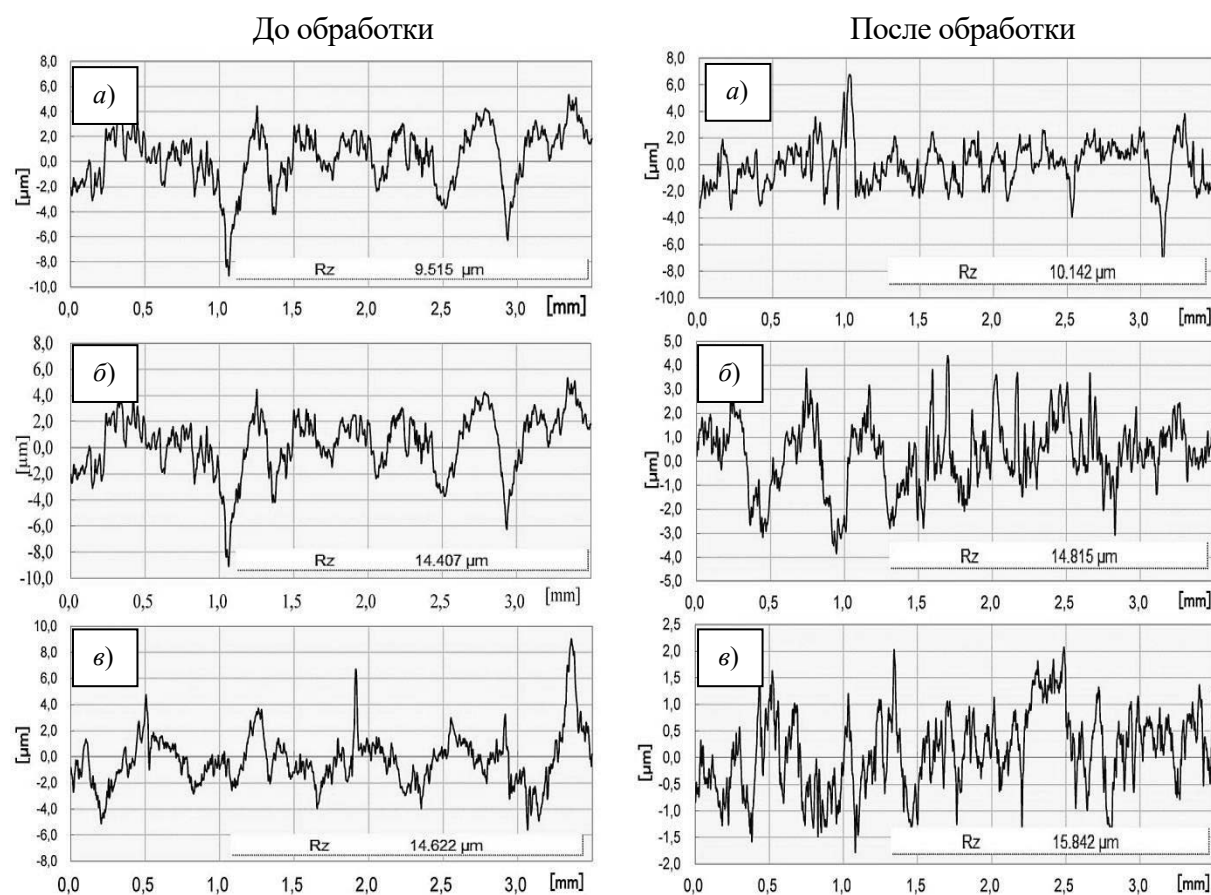


Рис. 10. Результаты измерения шероховатости поверхности, обработанной резцом с режущей пластиной из твердого сплава ВК8 в состоянии поставки и после модифицирования тлеющим разрядом: а – участок № 1; б – участок № 2; в – участок № 3

Выводы

Использование обработанного тлеющим разрядом лезвийного инструмента при точении конструкционных сталей приводит к снижению главной составля-

ющей силы резания для твердых сплавов в среднем до 10 %...15 %, а для минералокерамики – до 5 %.

Влияние модифицирующей обработки режущего инструмента на обрабатываемую им поверхность характери-

зуется повышением шероховатости обработанной поверхности в среднем

на 3 %...5 % и незначительным ростом твердости ее поверхностного слоя.

Табл. 1. Результаты исследования шероховатости на участках обработанной поверхности лезвийным инструментом, оснащенным различными инструментальными материалами

Инструментальный материал, состояние	Высота микронеровностей (шероховатость), мкм		
	Участок № 1	Участок № 2	Участок № 3
BK8 в состоянии поставки	9,515	14,407	14,622
BK8 после тлеющего разряда	10,142	14,815	15,842
T15K6 в состоянии поставки	9,493	13,715	14,203
T15K6 после тлеющего разряда	9,759	13,921	14,913
TN20 в состоянии поставки	9,905	14,595	16,642
TN20 после тлеющего разряда	10,212	14,974	17,724
ЦМ-332 в состоянии поставки	6,648	7,167	8,371
ЦМ-332 после тлеющего разряда	6,774	7,246	8,631

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Структурно-фазовое модифицирование инструментальных материалов тлеющим разрядом: монография / В. М. Шеменков [и др.]; под общ. ред. В. М. Шеменкова. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2017. – 270 с.: ил.
2. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 1985. – Т. 2. – 384 с.
3. Макаров, А. Д. Износ и стойкость режущих инструментов / А. Д. Макаров. – Москва: Машиностроение, 1966. – 564 с.: ил.
4. ГОСТ 2999–75. Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Виккерсу. – Москва: Изд-во стандартов, 1987. – 29 с.
5. Григорович, В. К. Твердость и микротвердость металлов / В. К. Григорович. – Москва: Наука, 1976. – 230 с.
6. Спиридонов, А. А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов / А. А. Спиридонов. – Москва: Машиностроение, 1981. – 184 с.: ил.
7. Кацев, П. Г. Статистические методы исследования режущего инструмента / П. Г. Кацев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 1974. – 231 с.: ил.

Статья сдана в редакцию 10 августа 2021 года

Владимир Михайлович Шеменков, канд. техн. наук, доц., Белорусско-Российский университет. E-mail: VShemenkov@yandex.ru.

Роман Владимирович Кулинченко, магистрант, Белорусско-Российский университет.

Владислав Владимирович Шеменков, студент, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники.

Vladimir Mikhailovich Shemenkov, PhD (Engineering), Associate Prof. Belarusian-Russian University. E-mail: VShemenkov@yandex.ru.

Roman Vladimirovich Kulichenko, MSc (Engineering), Belarusian-Russian University.

Vladislav Vladimirovich Shemenkov, student, Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics