

УДК: 67.05

ЛАЗЕР АБЛЯЦИЯ УСУЛИДА КЕСУВЧИ АСБОБ ҚИРРАСИ ГЕОМЕТРИЯСИНИНГ ТУЗИЛИШИ ВА Р6М5 ДАН ТАЙЁРЛАНГАН ПЛАСТИНАНИНГ МУСТАҲКАМЛИГИГА ЛАЗЕР БИЛАН ИШЛОВ БЕРИШНИНГ ТАЪСИРИ

Федоров Сергей Вольдемарович,

техника фанлари номзоди,

«Юқори самарали ишлов бериш технологиялари» кафедраси доценти

«Станкин» Москва давлат технологик университети

Аҳмедов Ҳасан Исломович,

техника фанлари номзоди,

«Машинасозлик технологияси» кафедраси доценти;

Исаев Дониёр Тошботирович,

«Машинасозлик технологияси» кафедраси ассистенти;

Яхшиев Шерали Намозович,

«Машинасозлик технологияси» кафедраси ассистенти;

Ашуров Хисрав Хуршид ўғли,

«Машинасозлик технологияси» кафедраси ассистенти

Навоий давлат кончилик институти

Аннотация. Кесиш асбобининг қаршилигини ошириш муҳим муҳандислик муаммосидир. Бу махсус физикавий ва механик хусусиятларга эга бўлган янги таркибий материалларнинг кенг қўлланилишидан келиб чиқади ва янги қаттиқлашув технологияларининг ривожланиши билан боғлиқ. Юқори самарали ишлов бериш, шунингдек, ишлов бериш юзаси сифатига юқори талаблар замонавий чиқиб кетиш асбобларини ишлаб чиқариш учун сабабдир. Кесиш асбобининг зарур хусусиятларига чиқиб кетиш воситаси учун турли хил материаллардан фойдаланиш, қоплама технологияси, макрогеометриядаги ўзгаришлар ва асбобнинг кесиш томони, чиқиб кетиш қисмини қайта ишлаш ва бошқалар орқали эришилади. Қоида тариқасида барча замонавий асбоб-ускуна материаллари улар сиртининг эскиришга чидамлилика бўлган талабларига жавоб беради. Асбобнинг юзасида тузилиш ёки кимёвий таркиби бўйича ядродан фарқ қиладиган маълум бир қатламни яратиш алақачон қабул қилинган. Кесиш асбобининг ишлашига таъсир қиладиган деярли барча хусусиятлари: қаттиқлик, иссиқликка, эскиришга чидамлилик, ва бошқалар унинг сирт қатламларининг хусусиятлари билан белгиланади. Бундай технологиялар, авваламбор, ункала инструментал материаллар таркибининг ўзгартиришининг физик-кимёвий усуллари, шу жумладан, лазер билан ишлов бериш жараёни ва эскиришга чидамли қопламаларни қўллаш учун ион плазма технологияларини ўз ичига олади. Қаттиқлаштирувчи лазер билан ишлов бериш жараёни материалларнинг сирт хусусиятларини ўзгартиришининг энг самарали физик-кимёвий усуллари билан биридир. Лазерли ишлов бериш ёрдамида юқори тезликда ишлайдиган пўлатдан ясалган металл кесиш асбобининг чидамлилигини ошириш мумкин.

Таянч тушунчалар: лазер, лазер нурлари, лазер белгилаш тизими, нурланиш кучи, иссиқлик ўтказувчанлиги, ассимиляция коэффициенти, энг янги параметрлар, асбобларнинг ишлаш муддати.

ФОРМИРОВАНИЕ ГЕОМЕТРИИ КРОМКИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИИ И ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ НА СТОЙКОСТЬ ПЛАСТИН ИЗ Р6М5

Федоров Сергей Вольдемарович,

кандидат технических наук,

доцент кафедры «Высокоэффективные технологии обработки»

Московский государственный технологический университет «Станкин»

Ахмедов Хасан Исломович,
кандидат технических наук,
доцент кафедры «Технология машиностроения»;
Исаев Дониёр Тошботирович,
ассистент кафедры «Технология машиностроения»;
Яхшиев Шерали Намозович,
ассистент кафедры «Технология машиностроения»;
Ашуров Хисрав Хуршид угли,
ассистент кафедры «Технология машиностроения»,

Навоийский государственный горный институт

Аннотация. Повышение стойкости режущего инструмента является существенной проблемой машиностроения, что вызвано широким использованием новых конструкционных материалов с особыми физико-механическими свойствами и связано с разработкой новых технологий упрочнения. Высокопроизводительная обработка, а также существенные требования, предъявляемые к качеству поверхности обрабатываемой детали, являются причиной развития современных режущих инструментов. Необходимые свойства режущего инструмента достигаются за счет применения различных материалов для режущего инструмента, технологий нанесения покрытий, изменения макрогеометрии и режущей кромки инструмента, финишной обработки режущей кромки и др. Как правило, ко всем современным инструментальным материалам предъявляются повышенные требования к износостойкости их поверхности. И уже стало общепринятым создавать на поверхности инструмента некий слой, отличающийся по структуре или химическому составу от его сердцевины. Практически все влияющие на работоспособность режущего инструмента характеристики – твердость, термостойкость, износостойкость и др. – определяются свойствами его поверхностных слоев. К таким технологиям, в первую очередь, относятся как физико-химические методы модификации структуры инструментальных материалов, включая процесс упрочняющей лазерной обработки, так и ионные плазменные технологии нанесения износостойких покрытий. К числу наиболее эффективных физико-химических методов модификации поверхностных свойств материалов относится процесс упрочняющей лазерной обработки. Повышение стойкости металлорежущего инструмента, изготовленного из быстрорежущих сталей, возможно с применением лазерной обработки.

Ключевые слова: лазер, лазерный луч, лазерно-маркировочная система, мощность излучения, теплопроводность, коэффициент абсорбции, параметры режущей кромки, стойкость инструмента.

FORMING GEOMETRY EDGE OF A CUTTING TOOL BY LASER ABLATION METHOD AND INFLUENCE OF LASER TREATMENT ON THE RESISTANCE OF PLATES FROM P6M5

Fedorov Sergey Voldemarovich,
Ph.D., Associate Professor of the Department of
Highly Effective Processing Technologies,

Moscow State Technological University “Stankin”

Akhmedov Khasan Islomovich,
Ph.D., Associate Professor of the Department of “Mechanical Engineering”;
Isaev Doniyor Toshbotirovich,
Assistant of the Department of Mechanical Engineering Technology;
Yakhshiev Sherali Namozovich,
Assistant of the Department of “Mechanical Engineering”;

Ashurov Khisrav Khurshid Uli,
Assistant of the Department of “Mechanical Engineering”

Navoi State Mining Institute

Abstract. Increasing the resistance of the cutting tool is a significant engineering problem, which is caused by the widespread use of new structural materials with special physical and mechanical properties and is associated with the development of new hardening technologies. High-performance processing, as well as high demands on the surface quality of the workpiece, are the reason for the development of modern cutting tools. The necessary properties of the cutting tool are achieved through the use of various materials for the cutting tool, coating technology, changes in the macrogeometry and the cutting edge of the tool, finishing processing of the cutting edge, etc. As a rule, all modern tool materials are subject to increased demands on the wear resistance of their surface. Moreover, it has already become generally accepted to create a layer on the surface of the instrument, which differs in structure or chemical composition from its core. Almost all characteristics that affect the performance of a cutting tool: hardness, heat resistance, wear resistance, etc. are determined by the properties of its surface layers. Such technologies, first of all, include both physicochemical methods of modifying the structure of instrumental materials, including the process of hardening laser processing, and ion plasma technologies for applying wear-resistant coatings. Among the most effective physicochemical methods for modifying the surface properties of materials is the process of hardening laser treatment. Increasing the durability of a metal-cutting tool made of high-speed steels is possible using laser processing.

Keywords: laser, laser beam, laser marking system, radiation power, thermal conductivity, absorption coefficient, cutting edge parameters, tool life.

Введение

Существенная часть выходов из строя режущего инструмента вызвана повреждением режущей кромки, которое в большинстве случаев вызывается превышением допустимых значений растягивающих напряжений на рабочих поверхностях. Округление режущей кромки позволяет изменить направление результирующей силы резания, что позволяет существенно уменьшить растягивающие напряжения на передней поверхности. С другой стороны, чрезмерное увеличение радиуса округления приведет к росту силы и температуры резания.

Распространенными формами главной режущей кромки являются закругленная (rounded), острая (sharp) и с фаской (chamfered). Также существуют формы режущей кромки, которые являются комбинацией этих трех основных форм. Наибольшее распространение режущий инструмент с округленной кромкой получил при чистовой, получистовой и микрообработке, а с фаской – при токарной обработке заготовок из твердого материала и прерывистом резании.

Целью данной работы является определение влияния на режущие свойства инструмента из быстрорежущей стали и изменения его геометрических параметров методом лазерной обработки.

Для достижения цели необходимо решить следующие научные задачи:

1. Провести анализ существующих методов поверхностной обработки режущих инструментов.

2. Выявить зависимость глубины абляции от количества проходов лазерного излучения.

3. Сравнить стойкость инструмента после лазерной обработки режущей кромки металлорежущего инструмента.

Основная часть

Параметрами для характеристики режущей кромки с фаской служат длина фаски и ее угол. Форма округленной режущей кромки более сложная, и наиболее часто используемым параметром для ее характеристики является радиус ее округления. Однако из-за возникающих проблем при измерении несимметричных кромок пользуются form-factor method, который позволяет оценить среднюю округленность режущей кромки, ориентацию закругления и ее остроту. Изнашивание инструмента показывает зависимость от параметра закругленности K . Так, при смещении округленности к передней поверхности наблюдается ее износ до достижения отрицательного переднего угла. При изменении формы округленности кромки до значения параметра $K < 1$ изнашивается задняя поверхность из-за увеличения трения между задней поверхностью инструмента и поверхностью обрабатываемого материала.

Численная оценка влияния геометрических параметров режущей кромки и

шероховатости рабочих поверхностей на силы резания и распределение напряжений в зоне кромки режущего инструмента показала большее влияние на силу в направлении подачи, чем на силу в направлении резания.

Прецизионные режущие инструменты с острой кромкой (радиус округления < 5 мкм) облегчают резание по сравнению с инструментом с большим радиусом кромки. При этом напряжения в инструменте должны были бы уменьшиться с уменьшением радиуса режущей кромки. Тем не менее этого не происходит, так как в остром инструменте присутствует большая концентрация напряжений в области режущей кромки, по сравнению с менее острым режущим инструментом. Это является возможной причиной скалывания кромки. Поэтому для минимизации поломки ее форму необходимо подготовить таким образом, чтобы достичь некоего баланса между величиной напряжений и силами резания.

На основании проведенных исследований, в ходе которых были определены параметры устойчивой работы лазера и зависимости глубины абляции от параметров лазерного излучения, были

подобраны необходимые параметры для формирования геометрии режущей кромки в виде фаски. Требуемая геометрия режущей кромки была выбрана $\alpha_c = 20^\circ$ (угол фаски), $w_c = 0,1$ мм (длина фаски) и $r_h = 0,01$ мм в соответствии с геометрией, предложенной на основании моделирования. Для инструмента с такой режущей кромкой предполагалась минимальная температура при резании на передней и задней поверхностях, а также относительно невысокие эффективные напряжения величиной до 2800 МПа.

Были подобраны параметры лазера для изготовления такой режущей кромки на режущей пластине из стали Р6М5 с покрытием (TiAl)N: интенсивность лазерного излучения $36,7$ Дж/см², частота 10 кГц, шаг между импульсами 20 мкм и количество проходов 300 . Время обработки составило 15 секунд.

Результаты снимков передней и задней поверхностей и режущей кромки представлены на рисунке 1. Световое сечение режущей кромки, полученное на приборе MicroCAD, изображено на рисунке 2.

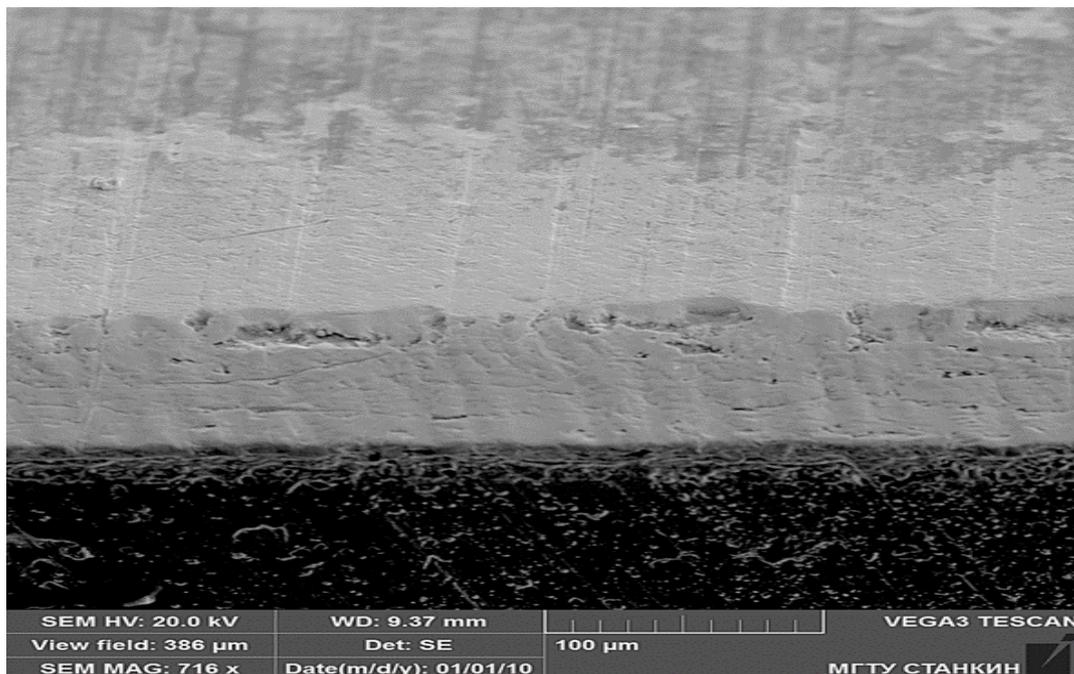


Рис. 1. Кромка с фаской на режущей пластине из быстрорежущей стали Р6М5, полученная методом лазерной абляции при параметрах: мощность 60 %, частота 10 кГц, шаг 20 мкм и количество проходов 300

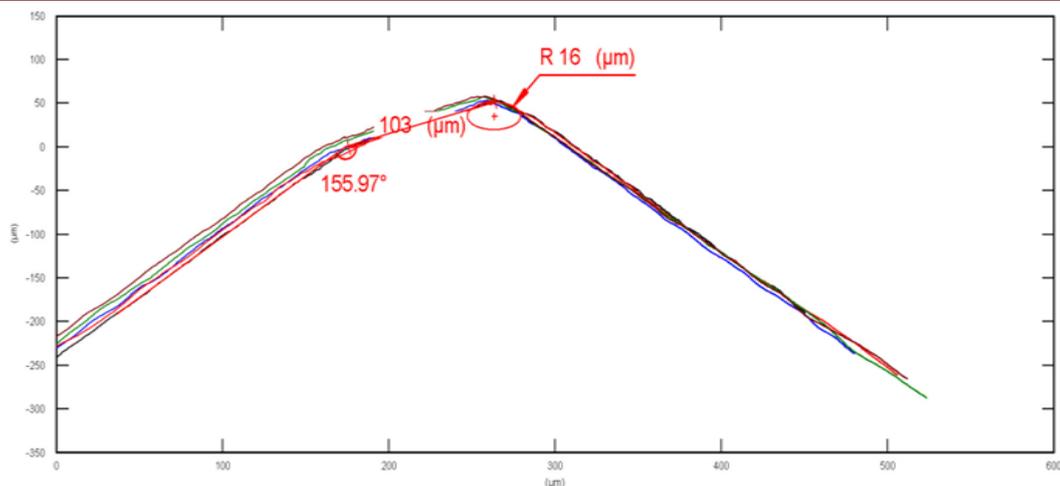


Рис. 2. Световое сечение режущей кромки с фаской на режущей пластине из быстрорежущей стали Р6М5, полученной методом лазерной абляции при параметрах: интенсивность 36,7 Дж/см² (60 %), частота 10 кГц, шаг 20 мкм, количество проходов 300

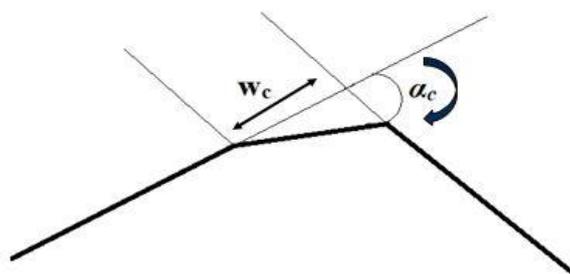


Рис. 3. Подготовка кромок режущих пластин: угол фаски – α_c , ширина фаски (w_c)

Угол наклона фаски колеблется от 10° до 20°. Фаска обеспечивает эффективный отрицательный угол для усиления (рис. 3). Однако фаски увеличивают силы резания и могут оказывать негативное влияние на стойкость инструмента и шероховатость обработанной поверхности.

Влияние геометрии режущей кромки инструментов на стойкость инструмента из быстрорежущей стали исследовались при точении стали 45. Подготовка кромки, предусмотренная экспериментом, заключалась в создании фаски w_c шириной 0,1 и 0,2 мм с углом фаски α_c 10° и 20°. Результаты сравнивались со стойкостью инструмента без фаски.

Эксперименты показали, что геометрия режущей кромки и ее подготовка оказывают значительное влияние на стой-

кость инструмента. Фаска на передней поверхности влияет на процесс стружкообразования и придает дополнительную прочность режущей кромке за счет уменьшения остаточных напряжений в зоне режущего клина.

Во всех испытаниях стойкость инструмента определялась по достижению критерия износа по задней поверхности $h_z = 0,2$ мм.

Самые хорошие результаты были получены на пластине с длиной фаски $w_c = 0,1$ мм, углом фаски $\alpha_c = 10^\circ$, стойкость которой была почти на 20 % выше, чем у исходного инструмента. Увеличение фаски до 0,2 мм не привело к снижению стойкости, а увеличение угла фаски до 20° снизило стойкость пластины приблизительно в 2 раза (рис. 4).

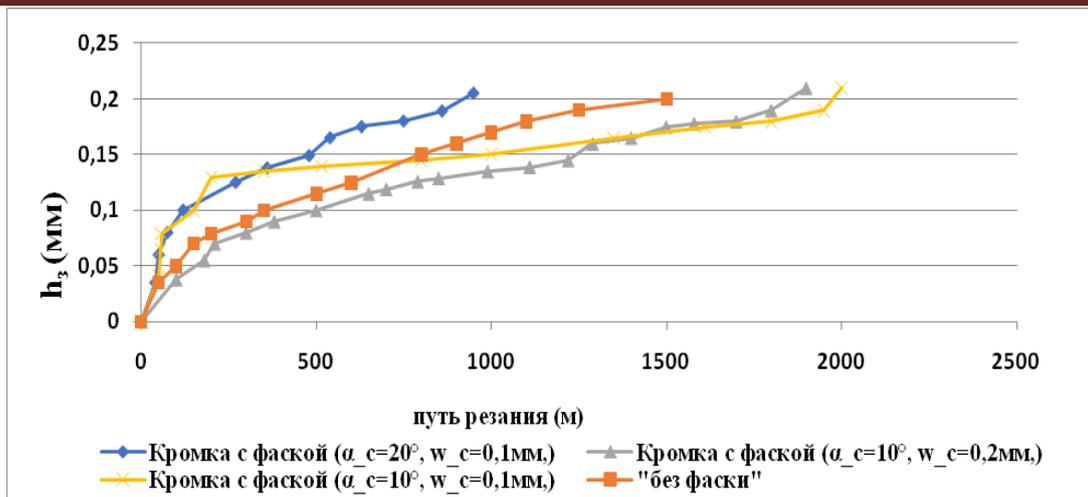


Рис. 4. Влияние размера фаски на режущей кромке на стойкие пластины, покрытые титан-алюминием при $V = 125$ м/мин, $t = 0,5$ мм, $S = 0,1$ мм/об

Лазерная обработка поверхности и кромки режущего инструмента относится к одному из перспективных способов обработки. К достоинствам данного метода обработки можно отнести высокую воспроизводимость, точность, возможность обработки сложных поверхностей, локальное воздействие на поверхность и возможность обработки сверхтвердых материалов, для которых традиционные механические методы непригодны в связи с их высоким износом при обработке. Однако при лазерной обработке образцов происходит нагрев поверхности с последующим их охлаждением. В результате в поверхностном слое могут возникнуть термопластические деформации при достижении предела текучести материала и как следствие остаточные напряжения.

Развитие остаточных напряжений растяжения на границе покрытие – подложка может стать причиной когезионного разрушения режущего инструмента.

Выводы

1. В работе решена задача, заключающаяся в определении влияния микрогеометрии режущей кромки на стойкость экспериментальной пластины из стали Р6М5.

2. Определена зависимость глубины абляции от количества проходов лазерного излучения для лазера U15.

3. На основании стойкостных испытаний были получены параметры режущей кромки (ширина фаски $w_c = 0,1$ мм, угол фаски $\alpha_c = 10^\circ$), обеспечивающие повышение стойкости инструмента на 20 %.

Источники и литература

1. Choudhury I.A., See N.L., Zukhairi M. Machining with chamfered tools // *Journal of materials processing technology*. – 170 (2005). – Pp. 115-120.
2. Fang N., Wu Q. The effects of chamfered and honed tool edge geometry in machining of three aluminium alloys // *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. – 45 (2005). – Pp. 1178-1187.
3. Denkena B. Surface Preparation, Coating and Wear Performance of Geometrically Defined Cutting Edges / Denkena B., Reichstein M., Brodehl J., Leon Garcia L. // *8th CIRP Int. Workshop on Modeling of Machining Operations*. – 2005. – May 10–11.
4. Denkena B., Koehler J., Rehe M. Influence of the Honed Cutting Edge on Tool Wear and Surface Integrity in Slot Milling of 42CrNo4 Steel // *Procedia CIRP*. – 2012. – Pp. 190-195.
5. Shatla M., Kerk C., Altan T. Process modeling in machining. Part II: validation and applications of the determined flow stress data // *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. – 2001. – No. 41/ – Pp. 1659-1680.

Рецензент:

Тураходжаев Д.Н., доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Литейные технологии» Ташкентского государственного технического университета.