

4. Pobel C.R., Lodes M.A., Körner C. Selective Electron Beam Melting of Oxide Dispersion Strengthened Copper. *Adv Eng Mater* 2018;20:1–7. <https://doi.org/10.1002/adem.201800068>.
5. Raab S.J., Guschlbauer R., Lodes M.A., Körner C. Thermal and Electrical Conductivity of 99.9% Pure Copper Processed via Selective Electron Beam Melting. *Adv Eng Mater* 2016;18:1661–6. <https://doi.org/10.1002/adem.201600078>.
6. Tarasov S.Y., Filippov A.V., Shamardin N.N., Fortuna S.V., Maier G.G., Kolubaev E.A. Microstructural evolution and chemical corrosion of electron beam wire-feed additively manufactured AISI 304 stainless steel. *J Alloys Compd* 2019;803:364–70. <https://doi.org/10.1016/J.JALLCOM.2019.06.246>.

ВЛИЯНИЕ ИМПУЛЬСНОГО ЭЛЕКТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА СТОЙКОСТЬ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ ПЛАСТИН TiC/(Ni-Cr) ПРИ РЕЗАНИИ МЕТАЛЛА

Овчаренко В.Е.¹, д.т.н., профессор, Чинахов Д.А.^{1,2,a}, к.т.н., доцент,
¹ Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, г.Томск,
634055, г. Томск, просп. Академический, 2/4,

² Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета,
652055 Россия, Кемеровская область, г. Юрга, ул. Ленинградская 26

^aE-mail: chinakhov@tpu.ru

Аннотация: В работе рассмотрены закономерности влияния режимов импульсного электронного облучения в плазме аргона поверхности резцов из пластин металлокерамического сплава 50 об. % TiC/50 об. % (Ni-Cr) на стойкость резцов при резании металла.

Abstract: The regularities of the influence of pulsed electron irradiation modes in an argon plasma of the surface of cutters made of ceramic-metal alloy 50 vol.% TiC / 50 vol.% (Ni-Cr) on the resistance of cutters during metal cutting are considered.

Ключевые слова: металлокерамический сплав, поверхностный слой, импульсное электронное облучение, стойкость резцов при резании металла

Key words: cermet alloy, surface layer, pulsed electron irradiation, resistance of cutters during metal cutting.

Введение

Проблема повышения ресурса работы металлорежущего инструмента является постоянно актуальной для всех отраслей современной промышленности предметом многочисленных исследований во всех технически развитых странах мира. Исключая методы нанесения специальных износостойких покрытий на рабочие поверхности резцов инструмента, определяющим направлением в создании высокоресурсных резцов из металлокерамических сплавов является структурно-фазовая модификация поверхностного слоя рабочих поверхностей резцов, направленная на формирование в поверхностном слое высокопрочных субмикроструктурных и наноразмерных металлокерамических состояний путем высокоэнергетического воздействия на поверхностный слой. Сказанное наиболее эффективно достигается при электронном облучении в импульсном режиме тонкого поверхностного слоя ($10^{-4} - 10^{-3}$ мм) до критических температур и достижение в поверхностном слое предельных градиентов температуры (до $10^7 - 10^8$ град/м), обеспечивающих охлаждение поверхностного слоя за счет теплоотвода в основной объем материала со скоростью $10^4 - 10^9$ град/с, определяют условия образования в поверхностном слое неравновесных структур, в т.ч. в наноразмерной области структурно-фазовых состояний.

Целью настоящей работы являлось исследование закономерностей влияния на стойкость резцов из металлокерамического сплава 50 об. % TiC/50 об. % (Ni-Cr) импульсного электронного облучения рабочих поверхностей режущих пластин при различных значениях плотности мощности электронного пучка и длительности импульсов облучения.

Материалы и методы исследования

Модификацию структурно-фазового состояния поверхностных слоев резцов из металлокерамического сплава 50 об. % TiC/50 об. % (Ni-Cr) проводили импульсным облучением в плазме аргона электронным пучком с длительностью импульсов (τ) 30, 50, 100, 150 и 200 мкс в режиме одиночных импульсов (число импульсов облучения $N = 15$) с плотностью энергии электронов в пучке (E_S) от 21 до 30 Дж/см². При этом плотность мощности энергии (W_S) в пучке при изменении длительности импульсов в указанных выше пределах изменялась в диапазоне $(1...6) \cdot 10^5$ Вт/см² [1-3] (таблица 1).

Таблица 1.

№ режима обработки	τ , мкс	E_s , Дж/см ²	W_s , 10 ⁵ , Вт/см ²	N, имп.
1	50	30	6,0	15
2	100	27	2,7	15
3	150	21	1,5	15
4	200	22	1,1	15

Заточку резцов в пластин из металлокерамического сплава проводили на универсально-заточном станке модели ЗМ642 с использованием круга АС4-63/50-4-В2-01. Пластины закрепляли в трёхворотных тисках и ориентировали относительно шлифовального круга. В процессе затачивания пластине придавали форму призмы с квадратом в основании. На двух рёбрах пластины, соответствующих рабочим вершинам, были выполнены упрочняющие фаски. Эскиз пластины представлен на рис. 1, размеры заточенных пластин приведены в таблице 2.

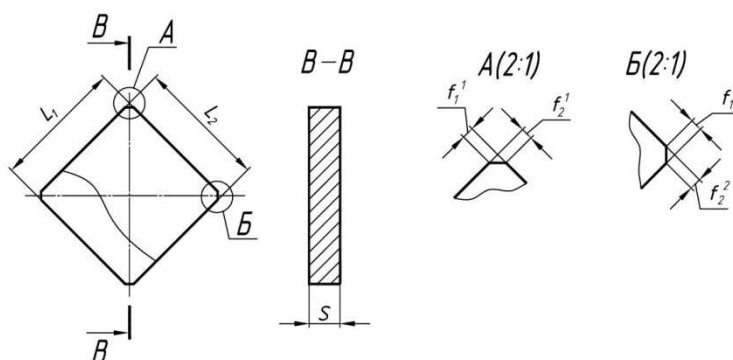


Рис. 1. Эскиз резца из металлокерамической пластины после заточки

Таблица 2

Размеры резцов после заточки

№	Режим облучения (W_s , 10 ⁵ , Вт/см ²)	Размеры, мм							
		Вершина №1				Вершина №2			
		L_1	f_1^1	f_2^1	s^1	L_2	f_1^2	f_2^2	s^2
1	Исходное состояние	11,73	0,38	0,39	2,86	11,63	0,36	0,38	2,92
2	6,0	11,81	0,41	0,40	3,00	11,89	0,42	0,38	3,08
3	2,2	11,79	0,42	0,43	2,82	11,68	0,43	0,44	2,81
4	1,5	11,71	0,36	0,37	2,88	11,77	0,43	0,39	2,94
5	1,0	11,82	0,36	0,38	2,95	11,78	0,42	0,37	2,77

Углы инструмента в статической системе координат измеряли при помощи угломера маятникового. Результаты измерений приведены в таблице 3.

Таблица 3

Статические углы резца.

Параметр	Значение, град
Главный передний угол γ	-5
Главный задний угол α	7
Главный угол в плане ϕ	45
Главный угол наклона режущей кромки λ	5
Вспомогательный передний угол γ_1	-5
Вспомогательный задний угол α_1	7
Вспомогательный угол в плане ϕ_1	45
Вспомогательный угол наклона режущей кромки λ_1	-5

Измерения сил резания производились на токарно-винторезном станке модели 1К62. На суппорт станка был установлен трёхкомпонентный упруго-электрический динамометр с закрепленным на нем исследуемым резцом. К динамометру подключали измерительную станцию для регистрации показаний одновременно по трём измерительным каналам.

Результаты и их обсуждение

Известно, что при обработке конструкционных сталей основной износ токарных резцов происходит по переходной и главной задней поверхности [4,5]. Динамика роста износа для всех поверхностей резца различна. Наибольший износ всегда наблюдается на переходной задней поверхности. На главной задней поверхности величина износа переменная, она минимальна в конце зоны контакта и увеличивается, достигая максимального значения, на переходной задней поверхности. Учитывая рекомендации, высказанные в [4,5], при проведении стойкостных экспериментов за критерий износа принимали износ по переходной задней поверхности, равный 1мм.

На рисунке 2 представлены зависимости износа резцов в исходном состоянии и после импульсного электронного облучения с плотностью мощности в электронном пучке от 1,0 до $6,0 \cdot 10^5$ Вт/см². Полученные экспериментальные данные показывают, что стойкость режущих пластин, подвергнутых электронно-пучковому облучению, значительно выше, чем исходных пластин. Анализируя кривые износа можно отметить, что практически все они имеют явно выраженные участки приработки, нормального и катастрофического износа. Участок приработки на всех пластинах составляет по времени резания приблизительно около 1 минуты. Увеличение стойкости пластин, подвергнутых электронно-пучковому облучению, достигается за счет увеличения времени нормального износа.

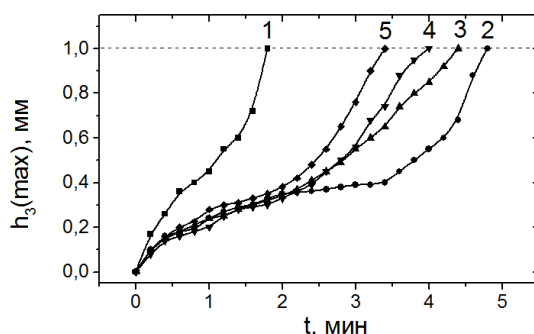


Рис. 2. Временные зависимости износа металлокерамических резцов в исходном состоянии (кривая 1) и после обработки электронным пучком с плотностью мощности энергии $W_s, 10^5, \text{Вт/см}^2$: 2 – 6,0; 3 – 2,2; 4 – 1,5; 5 – 1,0

Стойкость облученных пластин, в соответствии с рисунком 3.37, значительно выше, чем исходных. Однако режим облучения влияет неоднозначно на увеличение стойкости, а именно: при плотности мощности пучка электронов $W_s = 6,0 \cdot 10^5 \text{ Вт/см}^2$ и $W_s = 2,2 \cdot 10^5 \text{ Вт/см}^2$ – в 2,5 раза; $W_s = 1,5 \cdot 10^5 \text{ Вт/см}^2$ и $W_s = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Вт/см}^2$ – в 2,1 раза (рис. 3).

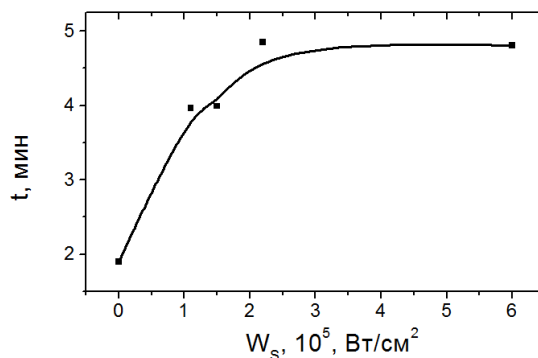


Рис.3. Зависимость периода стойкости вершины режущей пластины до достижения величины $h_3 \text{ max} = 1 \text{ мм}$ от плотности мощности электронного пучка. $h_3 \text{ max}$ – максимальная величина износа по переходной задней поверхности режущего инструмента

Подобный результат получен и при анализе зависимости величины пути резания за один проход от критической степени износа передней режущей кромки металлокерамического резца от величины плотности мощности электронного облучения (рис.4).

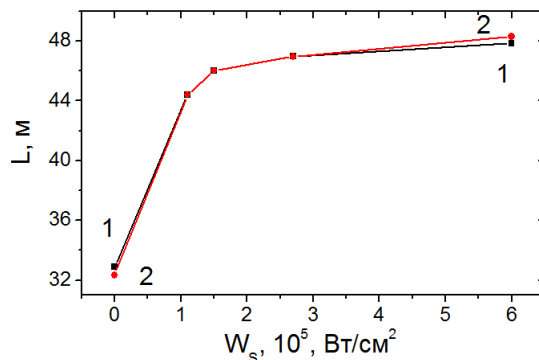


Рис. 4. Зависимость величины пути резания L за один проход до критической степени износа передней режущей кромки металлокерамической пластины ($h_3(\max)$) от длительности импульса облучения (а) и плотности мощности электронного пучка (б). Режим облучения № 2. Кривая 1 – $h_3(\max) = 0,3 \text{ мм}$; кривая 2 – $h_3(\max) = 1 \text{ мм}$.

Заключение

Оптимальным режимом упрочнения рабочей поверхности резцов из металлокерамического сплава 50 об. % TiC/50 об. % (Ni-Cr) методом импульсного электронного облучения в плазме аргона при резании стали 40Х является облучение электронным пучком с плотностью мощности $W_s \sim 6,0 \cdot 10^5 \text{ Вт/см}^2$. Полученные результаты находятся в соответствии с полученными ранее данными о формировании наноразмерных структурно-фазовых состояний в металлокерамическом сплаве 50 об. % TiC/50 об. % (Ni-Cr) при импульсном электронно-пучковом облучении в плазме инертного газа и влиянии структурно-фазовой модификации на физические и прочностные свойства металлокерамического сплава [6,7].

Работа выполнена в рамках госбюджетной тематики ИФПМ СО РАН, проект III.23.2.1.

Список используемых источников:

1. Devyatkov V.N., Koval N.N., Schanin P.M., Grigoryev V.P., Koval T.V. Generation and propagation of high-current low-energy electron beams// Laser and Particle Beams. – 2003. – V.21. – P. 243-248.
2. Коваль Н.Н., Девятков В.Н., Щанин П.М., Толкачев В.С., Винтизенко Л.Г. Установка для обработки поверхности металлов электронным пучком // ПТЭ, 2005, №1, с. 135-140.
3. Девятков В.Н., Коваль Н.Н., Григорьев С.В., Сочугов Н.С. Плазменный источник электронов «Соло» // Труды II международного крейнделевского семинара «Плазменная эмиссионная электроника», г. Улан- Удэ, 17-24 июня 2006 г., с.79-85.
4. Грановский Г. И., Грановский В. Г. Резание металлов. - М.: Высшая школа, 1985.-304 с.
5. Развитие науки о резании металлов/ под ред. В. Ф. Боброва М.: Машиностроение, 1967. – 416с.
6. Ovcharenko V.E., Ivanov K.V., Ivanov Yu.F., and A. A.Mohovikov. Influence of High Energy Impact on the Structural-Phase State and Tribological Properties of the Surface Layer of Metal-Ceramic Composite Materials//Journal of Surface Investigation: X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques, 2018, Vol. 12, No. 3, pp. 485–491.
7. Vladimir E. Ovcharenko, Oleg V. Lapshin, Konstantin V. Ivanov, Vasilij A. Klimenov. Effectiveness of inert plasma gases in formation of modified structures in the surface layer of a cermet composite under pulsed electron irradiation//International Journal of Refractory Metals & Hard Materials 77 (2018) 31–36.