

СОСТАВ ОКИСНЫХ ПЛЕНОК ЗОНЫ ЛАЗЕРНОЙ ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

© 2009 А.Т. Козаков¹, С.И. Ярьско²

¹ Научно-исследовательский институт физики
Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону
² Самарский филиал Учреждения Российской академии наук
Физического института им. П.Н. Лебедева РАН

Поступила в редакцию 20.07.2009

Представлены результаты ОЖЕ-спектроскопии поверхности зоны лазерной импульсной обработки быстрорежущих сталей на воздухе. Установлено образование пленок окислов FeO, Fe₂O₃, а также высших окислов Cr, Mo и W, существенное перераспределение концентраций легирующих элементов по глубине зоны лазерной обработки. Показано, что многокомпонентная окисная пленка оказывает существенное влияние на интенсивность изнашивания упрочненного инструмента. Установлено, что лазерная обработка на воздухе обеспечивает повышение стабильности изнашивания инструмента в широком диапазоне скоростей резания, приводит к существенному расширению диапазона режимов резания, при котором достигается снижение износа упрочненного инструмента, минимизирует интенсивность износа упрочненного инструмента.

Ключевые слова: лазерная обработка, быстрорежущая сталь, окисные пленки, ОЖЕ-спектроскопия, износ инструмента.

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение максимальной износостойкости металлообрабатывающего инструмента при различных условиях нагружения при обработке деталей резанием – одна из важнейших проблем современного машиностроения. Целенаправленно формировать состав поверхностного слоя инструментальных сталей и тем самым регулировать характеристики процесса резания (в том числе и величину коэффициента трения в зоне контакта) позволяет лазерная импульсная обработка, преимущества которой наиболее существенны в мелкосерийном инструментальном производстве. Воздействие на поверхность сложнолегированных сталей лазерного излучения приводит к существенному изменению состава поверхности. В случае сложнолегированных сталей состав поверхностных слоев изделий из них на глубине до 100 Å не совпадает с объемным, не смотря на малое содержание легирующих элементов и примесей в сталях, их содержание на поверхности может быть преобладающим и меняться в зависимости от температурной обработки и газовой среды. Кроме того, эти элементы

взаимно влияют друг на друга при формировании элементного состава поверхностного слоя. Все это сказывается на ряде физических характеристик поверхности, в том числе на ее фрикционных свойствах. На износостойкость инструмента и параметры процесса резания в значительной степени также влияют полиоксидные структуры [1-5], формирующиеся на контактных поверхностях инструмента, как вследствие модификации физико-химического состояния его поверхности [4, 5], в частности, пленки оксидов металлов, индуцированные лазерным воздействием, так и образующиеся естественным путем при резании на воздухе [1, 6, 7]. Наиболее существенно влияние оксидов зоны лазерного воздействия (ЗЛВ) при решении прикладных задач по лазерному упрочнению инструмента при выборе режимов и условий лазерной обработки (ЛО). Комплекс свойств таких пленок будет оказывать преимущественное влияние на изнашивание инструмента.

В настоящее время процесс формирования состава поверхности многокомпонентных сплавов на основе железа при ЛО и его взаимосвязь с триботехническими свойствами облученного материала мало изучены.

Цель настоящей работы – исследование методом ОЖЕ-электронной спектроскопии состава поверхности широко применяемой в инструментальном производстве быстрорежущей стали Р6М5 после импульсной ЛО на воздухе и

Козаков Алексей Титович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией.

E-mail: kozakov_a@mail.ru.

Ярьско Сергей Игоревич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ученый секретарь.

E-mail: scisec@fian.smr.ru.

анализ влияния образующихся на поверхности ЗЛВ окисных пленок на эксплуатационные свойства упрочненного режущего инструмента.

АППАРАТУРА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Для определения состава оксидов, образующихся в поверхностном слое в области лазерного импульсного воздействия на воздухе (рис. 1), и поверхностного элементного анализа на модернизированном оже-спектрометре ЭСО-3 [8] проводились измерения интенсивностей оже-линий по глубине при послойном травлении материала ионами аргона. Ускоряющее напряжение электронной пушки 3 кВ, ток пучка 40 мкА, диаметр области детектирования ~ 3 мкм. Скорость травления ионной пушки – ~ 1 Å/с. Базовое давление в камере спектрометра не более 10^{-9} мм рт. ст.

ЛО образцов (сталь Р6М5) для электронного анализа осуществлялась без оплавления поверхности на специализированной импульсной лазерной установке с активным элементом из стекла с Nd с использованием растровой оптики, что обеспечивало равномерность температуры в ЗЛВ на участке 4,5×4,5мм не хуже $\pm 5\%$ [9] при двух значениях плотности энергии излучения ε . В первом случае при $\varepsilon_1 \approx 1,8-2,0$ Дж/мм², минимально необходимой для начала образования оксидов в зоне ЛО, и во втором случае – при $\varepsilon_2 \approx 2,8$ Дж/мм², соответствующей критическому режиму, при котором температура в зоне воздействия на 5-10% ниже температуры плавления данного материала. Все спектры получены в центре зоны ЛО.

Влияние окисных пленок поверхности ЗЛВ на изнашивание проходных токарных резцов изучалось по результатам стойкостных испытаний при точении конструкционной легированной стали 12Х2Н4А. Упрочнение модельных резцов (передний угол $\gamma = 8^\circ$, задний угол $\alpha = 8^\circ$,

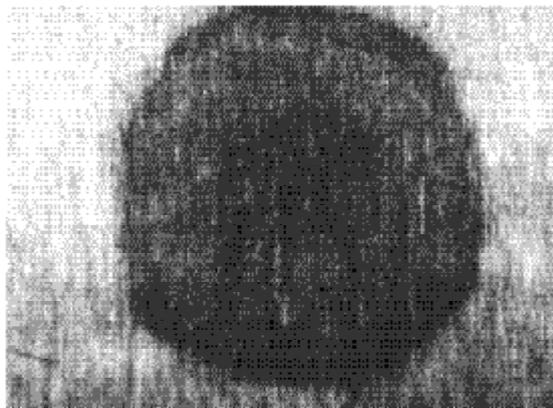


Рис. 1. Внешний вид поверхности ЗЛВ на образцах стали Р6М5 при обработке с растром, $\times 10$

главный угол в плане $\varphi = 45^\circ$, вспомогательный угол в плане $\varphi_1 = 45^\circ$, радиус закругления вершины реза $r = 0,8$ мм) из быстрорежущей стали Р9К5 после стандартной термообработки проводилось согласно рекомендациям [4] однократно по передней режущей поверхности (рис. 2) либо на воздухе, либо в среде Ag, плотность энергии излучения 2,8 Дж/мм² и 3,4 Дж/мм² соответственно. В обоих случаях в указанных условиях облучения в ЗЛВ на обрабатываемой рабочей поверхности инструмента обеспечивалась температура, близкая к температуре ликвидуса стали Р9К5. Таким образом, в ЗЛВ достигались одинаковые структурно-фазовые изменения, и по результатам экспериментов можно проследить влияние образующейся при ЛО на воздухе окисной пленки на изменение интенсивности изнашивания упрочненных резцов.

Испытания инструмента осуществлялись на токарно-винторезном станке модели 1К62 с вариатором скорости. Один и тот же резец испытывался при разных скоростях резания (V_1, V_2, \dots, V_n). Как и в [10] для каждой скорости резания фиксировался прирост износа δ_i на задней поверхности и соответствующий прирост времени работы ΔT_i , и определялась величина интенсивности износа $U_i = \frac{\delta_i}{\Delta T_i}$, ошибка измерения ко-

торой не превышала 5-8%. Измерения износа проводились по канавке, образующейся на задней поверхности у края фаски износа (рис. 3), на большом инструментальном микроскопе БМИ-1Ц с точностью ± 7 мкм. Для данной пары инструмент – обрабатываемый металл скорость резания V варьировалась от 30 до 60 м/мин, глубина резания t составляла 1,5 и 2,0 мм, а подача S – 0,2 и 0,26 мм/об.

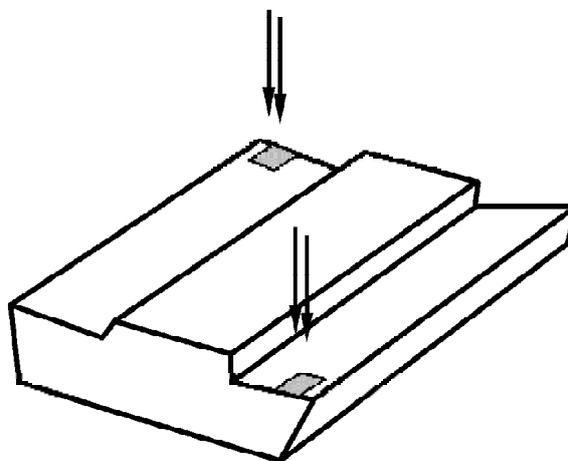


Рис. 2. Схема ЛО резцов (удаление от режущей кромки – 1 мм, вплотную к вспомогательной режущей кромке)

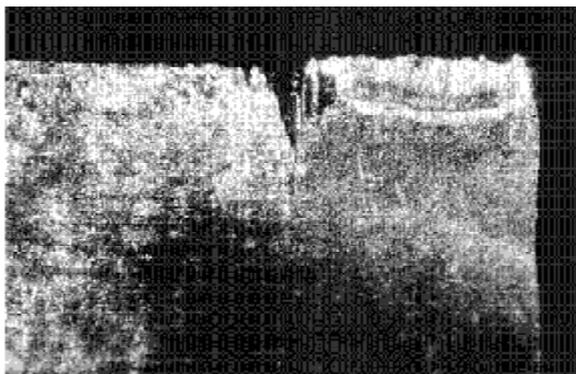


Рис. 3. Типичный вид поверхности износа на задней поверхности ($\times 25$)

РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА ПОВЕРХНОСТИ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исходное состояние поверхности

Обзорный оже-спектр поверхности стали Р6М5, взятой в исходном состоянии приведен на рис. 4а. Спектры рис.4б, в получены после ЛО с плотностью энергии: ε_1 и ε_2 соответственно. Из сопоставления спектров следует, что ЛО приводит к изменению, как поверхностного элементного состава, так и химической связи на поверхности. Изменение химической связи наиболее наглядно проявляется в изменении формы и энергии Fe M_3VV – оже-линии, расположенной в области малых кинетических энергий ($E_k \sim 50$ эВ). Для спектров исходной поверхности это одиночная линия с энергией ~ 47 эВ (рис. 5а), что характерно для неокисленного железа. Для спектров обработанных поверхностей, независимо от режима ЛО, линия уже расщеплена на две компоненты, одна из которых ближе к 41 эВ, а другая – к 53 эВ (рис. 5б, в), что характерно для окисленного железа. По соотношению интенсивностей конкретных ли-

ний дуплета можно сказать, что для спектра, представленного на рис. 5в речь идет о степени окисления FeO, а в случае точки поверхности, представленной спектром на рис.5б, степень окисления Fe_2O_3 [11]. В целом, более правильно считать, что на каждой обработанной поверхности (независимо от режима ЛО) есть участки со степенью окисления FeO и Fe_2O_3 .

Изменение состава поверхности после ЛО характеризуется зависимостями интенсивностей соответствующих оже-линий от времени травления, что эквивалентно распределению элементов по глубине образца (рис. 6-8).

Основными элементами на исходной поверхности исследуемой стали Р6М5 являются неокисленное Fe и углерод (рис. 4а, б). СКЛЛ-оже-линию углерода (диапазон спектра 270-280 эВ) можно отнести к пленке загрязнения, которая всегда имеет место на образцах, к которым не применялись специальные методы очистки. Кроме этих элементов наблюдаются также Cr (в области энергий 508 – 530 эВ регистрируется характерный для окисленного Cr дублет, состоящий из ОКЛЛ и CrLMM линий), Mo (диапазон спектра 160-190 эВ), Si (SiLVV-оже-линия в диапазоне спектра 100 - 105 эВ) и кислород (ОКЛЛ- оже-линия в диапазоне спектра 505-515 эВ). Учитывая небольшое содержание Cr, Mo и Si в объемном составе стали, наблюдение линий этих элементов на исходной поверхности можно объяснить либо большим сечением появления оже-линий, либо, например, сегрегацией этих элементов на поверхности под влиянием внешних условий. Кислород с большой долей вероятности можно отнести к адсорбированному в связи с его небольшой величиной в обзорном спектре (рис. 4а) и наличием нерасщепленного пика железа Fe M_3VV ($E_k \approx 50$ эВ).

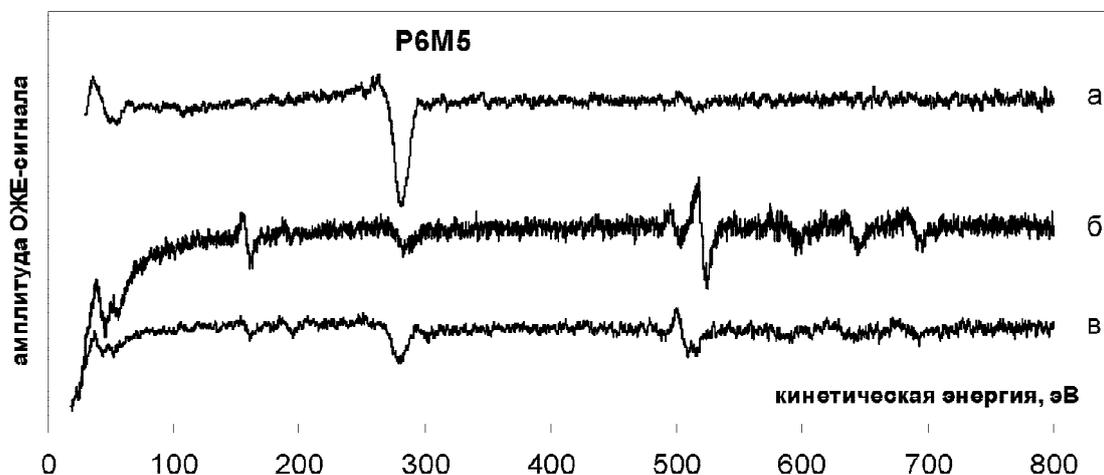


Рис. 4. Обзорные спектры с поверхности стали Р6М5:

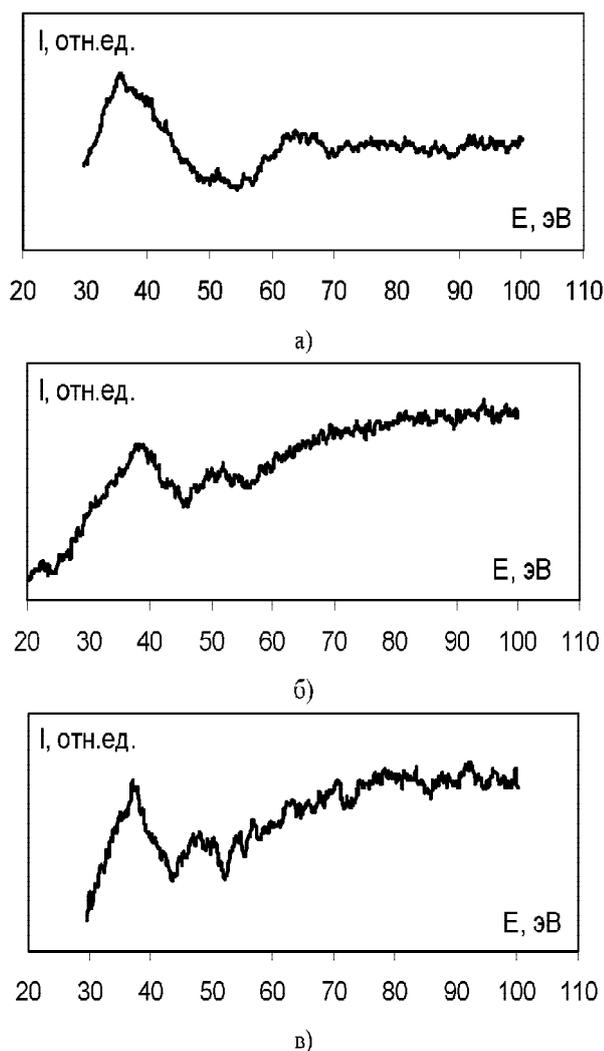


Рис. 5. Расщепление Fe M_{3VV} – оже-линии: а – спектр исходной поверхности (Р6М5); б, в – спектры облученной поверхности; б – плотность энергии ε_1 (присутствует Fe_2O_3); в – плотность энергии ε_2 (присутствует FeO)

Состояние поверхности после лазерной обработки

После ЛО поверхность стали в ЗЛВ существенно очищается: уменьшается амплитуда оже-линии углерода ($E_k \approx 270$ эВ) и увеличивается интенсивность Fe LMM триплета (область на спектре 530-710 эВ).

Наблюдаются следующие изменения на поверхности стали Р6М5 после ЛО с плотностью энергии ε_1 (рис. 4в и рис. 7). Появляется окисный слой железа в степени окисления, соответствующей Fe_2O_3 (рис. 5б). В самом верхнем слое увеличивается (по сравнению с исходным) содержание Cr. В поверхностном слое появляется W. Максимум распределения W и Mo (содержание которого также несколько выше по сравнению с необработанной поверхностью) находится под слоем поверхности, обогащенным Cr.

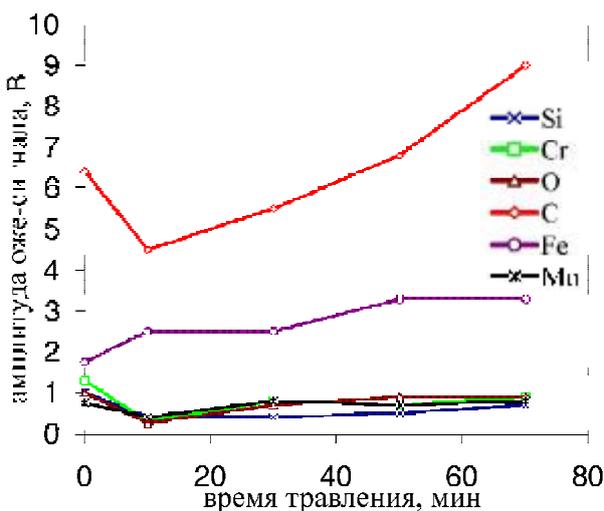


Рис. 6. Распределение элементов по глубине (сталь Р6М5, исходное состояние)

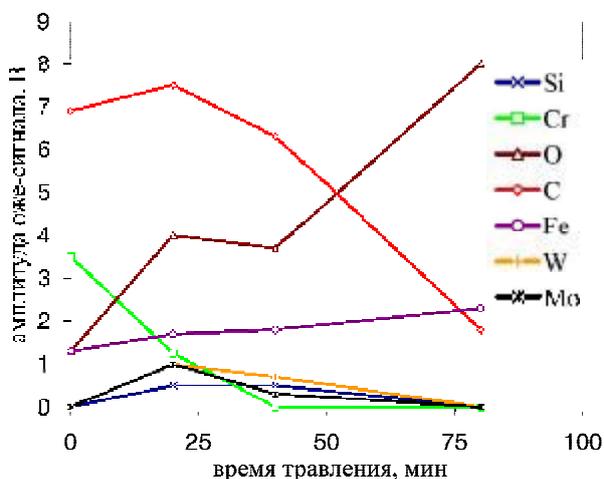


Рис. 7. Распределение элементов по глубине (сталь Р6М5 после ЛО с плотностью энергии ε_1)

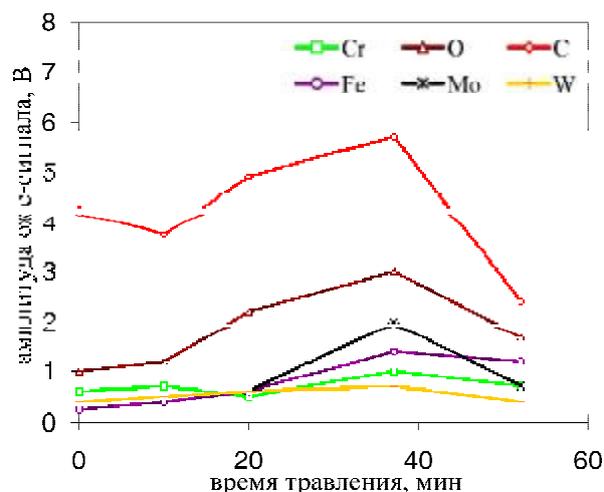


Рис. 8. Распределение элементов по глубине (сталь Р6М5 после ЛО с плотностью энергии ε_2)

Интенсивность кислородного пика увеличивается с глубиной. Интенсивность углеродного пика уменьшается с глубиной, что свидетельствует о

его принадлежности поверхностному загрязнению. Интенсивность пика кислорода увеличивается с глубиной быстрее, чем интенсивность пика Fe. Можно предположить, что “лишнее” содержание кислорода по сравнению с его содержанием в Fe₂O₃ относится к окислам легирующих элементов стали (Cr и Mo). Об этом свидетельствует появление компонент и оже-линий кислорода с энергией E_k ≈ 520 эВ и слабых компонент оже-линий молибдена, характерных для MoO₃ (120, 160, 184 и 218 эВ).

С точки зрения химической связи и химического состава поверхности стали Р6М5 после ЛО с плотностью энергии ε₂ можно отметить появление пленки окислов Fe₂O₃ и FeO (в разных точках поверхности), увеличение количества Mo и W в приповерхностном слое по сравнению с обработкой поверхности при плотности энергии лазерного излучения ε₁. Учитывая, что линии кислорода, Cr, W и Mo меняются на рис. 8 приблизительно симбатно, и одновременно принимая во внимание появление в оже-спектрах приповерхностного слоя полученных последовательно по глубине (на рис. не представленных) линий с энергией около 120, 160, 164, 218 и 523,4 эВ можно с большой уверенностью предположить и окисление Cr, Mo и W в приповерхностном слое (энергии 120 эВ, 160 эВ, 184 эВ, 218 эВ характерны для MoO₃; 169 эВ, 179 эВ, 207 эВ, 218 эВ – для W; линия с энергией 523,4 эВ (переход CrL₃M₂₃M₄₅) относится к окислу хрома Cr₂O₃).

Таким образом, анализ изменения концентраций легирующих элементов по глубине и энергетическое расположение оже-линий свидетельствуют, что после ЛО на поверхности стали Р6М5 образуются пленки окислов FeO, Fe₂O₃, а также окислов Cr, Mo и W (судя по энергиям оже-линий, это высшие окислы). Содержание окислов увеличивается с ростом величины ε и изменяется их количественное соотношение по глубине. ЛО приводит к перераспределению легирующих элементов в тонком слое пленки окислов поверхностного слоя ЗЛВ, при обработке с плотностью энергии ε₁ наблюдается обогащение верхнего слоя ЗЛВ хромом, с ростом величины ε увеличивается содержание W и Mo.

Учитывая данные электрохимического анализа по определению состава и толщины окисной пленки, сформированной на быстрорежущих сталях при лазерном импульсном нагреве [12], можно констатировать, что образовавшаяся пленка на поверхности ЗЛВ существенно многослойная и многокомпонентная. В поверхностном слое, примыкающем к границе раздела пленка – воздух, она состоит из локальных участков FeO и Fe₂O₃ и высших окислов легирующих элементов (Cr, W, Mo), а на глубине ближе к слою

исходного материала основу пленки составляет Fe₃O₄. Такая картина согласуется с данными по химическому составу окисных пленок, полученных в условиях естественного равновесного окисления на железе и низкоуглеродистой стали [13-15].

Закономерности изнашивания упрочненного инструмента

Образующиеся в ЗЛВ окисные пленки металлов оказывают существенное влияние на динамику изнашивания упрочненного инструмента. Зависимости интенсивности износа инструмента

$$U_i = \frac{\delta_i}{\Delta T_i}$$

представлены на рис. 9. При анализе результатов измерений не принимались во внимание режимы резания, при которых наблюдалось наростообразование, приводящее к немонотонной зависимости стойкости инструмента от скорости резания.

Практически при всех исследовавшихся режимах течения ЛО на воздухе обеспечивает стабильное изнашивание в широком диапазоне скоростей резания (рис. 9, кривые 7 и 8): от 30 м/мин до 50 м/мин при глубине резания t=1,5 мм и от 30 м/мин до 56 м/мин при t=2,0 мм в отличие от ЛО в среде Ag (рис. 9, кривые 1, 2 и 3). Для контрольного инструмента и инструмента упрочненного в среде Ag (S=0,2 мм/об и t=2,0 мм) интенсивность износа практически монотонно убывает до скорости V=50 м/мин (рис. 9, кривые 5 и 2 соответственно). При тчении со скоростями, превышающими 50 м/мин на передней поверхности инструмента образуется нарост, изменяется характер схода стружки и протекания деформационных процессов в зоне контакта на передней поверхности. Как следствие, снижается интенсивность износа на задней режущей поверхности. В то же время для упрочненного на воздухе инструмента нарост появляется только при скорости резания V=64 м/мин (рис. 9, кривая 8) и во всем исследуемом диапазоне скоростей течения величина

$$U_i = \frac{\delta_i}{\Delta T_i}$$

не претерпевает значительных отклонений от своего среднего значения равного (17,5±6,6) мкм/мин.

Изменение режимов резания обуславливает изменение интенсивности износа. С уменьшением глубины резания до t=1,5 мм для контрольного инструмента и инструмента упрочненного в среде Ag нарушение характера изнашивания начинается со скорости резания V=56 м/мин. Для

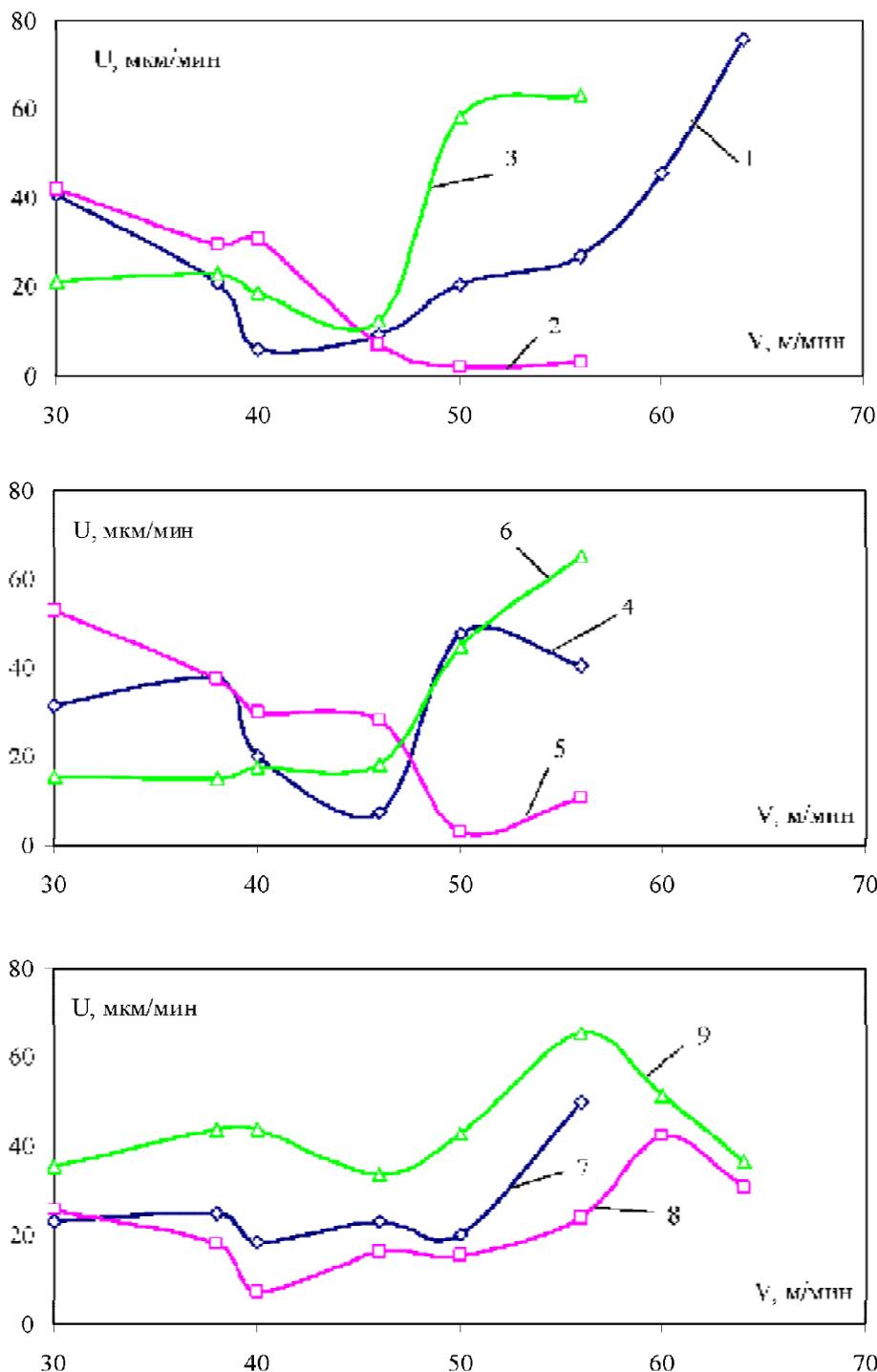


Рис. 9. Изменение интенсивности износа резцов от скорости резания:

1, 2, 3 – упрочнение в среде Ag; 4, 5, 6 – без упрочнения; 7, 8, 9 – упрочнение на воздухе;
 1, 4, 7 – $S=0,2\text{мм/об}$, $t=1,5\text{мм}$; 2, 5, 8 – $S=0,2\text{мм/об}$, $t=2,0\text{мм}$; 3, 6, 9 – $S=0,26\text{мм/об}$, $t=1,5\text{мм}$

инструмента упрочненного на воздухе нарост отсутствует во всем исследованном диапазоне скоростей резания, что свидетельствует об определяющем влиянии окисной пленки на изнашивание упрочненного инструмента.

Аналогичное влияние упрочнения на воздухе на износ инструмента наблюдается и при увеличении подачи. При $S=0,26\text{ мм/об}$ применение контрольного инструмента и инструмента у-

прочненного в среде Ag ограничено верхним пределом скорости резания 46 м/мин , выше которого наблюдается его катастрофический износ. После упрочнения на воздухе наличие компактной окисной пленки на поверхности ЗЛВ определяет стабильное протекание процесса резания и устойчивую работу инструмента вплоть до скорости резания равной 60 м/мин .

Для резцов, упрочненных на воздухе, наибо-

лее широкий интервал скоростей резания, при которых инструмент имеет наименьшую интенсивность износа, наблюдается в условиях точения, когда подача $S=0,2$ мм/об и $t=2,0$ мм (рис. 9, кривая 8). Для инструмента, работавшего при значениях $S=0,26$ мм/об и $t=1,5$ мм (рис. 9, кривая 9) и при $S=0,2$ мм/об и $t=1,5$ мм (рис. 9, кривая 7), начиная со скорости резания $V=50$ м/мин, интенсивность износа резко возрастает, в первом случае в $\sim 1,5$ раза, а во втором – в $\sim 2,5$ раза. При точении с подачей 0,26 мм/об как и в [16] высокую интенсивность износа можно приписать росту термодинамической напряженности в зоне контакта инструмента – деталь. Уменьшение интенсивности износа в среднем на 25-30% при точении с глубиной резания $t=2,0$ мм по отношению к точению с $t=1,5$ мм связано с появлением мартенсита деформации в ЗЛВ при трении. В связи с этим с увеличением глубины резания отпусковые явления, протекающие в поверхностном слое инструмента при резании и определяющие интенсивность износа [17], начинаются позже по сравнению с точением при меньшем значении глубины резания ($t=1,5$ мм). Обнаруженные нами окисные пленки железа на обработанной лазерным излучением поверхности также могут способствовать снижению интенсивности износа. На это указывают данные [6], согласно которым снижение интенсивности износа при увеличении нагрузки в зоне контакта обуславливается наличием пленки Fe_3O_4 , составляющей основу многокомпонентной полиоксидной структуры на поверхности ЗЛВ.

Для неупрочненного инструмента и резцов после ЛО в инертной среде ярко выражены границы диапазонов скоростей точения, в которых интенсивность износа наименьшая (рис. 9, кривые 1 и 4). Для неупрочненного инструмента этот интервал более узкий, с большими значениями интенсивности износа. ЛО инструмента в среде Ag приводит к расширению диапазона скоростей резания, при котором обеспечивается его наименьший износ. Упрочнение на воздухе стабилизирует последующий процесс резания, минимизирует интенсивность износа инструмента в широком диапазоне скоростей резания. При увеличении подачи (до $S=0,26$ мм/об) и глубины резания (до $t=2,0$ мм) качественного изменения изнашивания инструмента не наблюдается, минимальная интенсивность износа достигается в узком интервале скоростей резания, величина которого не превышает 10 м/мин. Причем, увеличение подачи более существенно отражается на изменении интенсивности изнашивания инструмента, чем увеличение глубины резания.

Таким образом, учитывая условия проведения испытаний и подготовки инструмента, мож-

но заключить, что наличие окисной пленки на поверхности ЗЛВ существенным образом изменяет условия взаимодействия в зоне контакта инструмент – деталь и протекание процесса изнашивания при резании упрочненным инструментом. Учитывая, что присутствие пленок и их состав определяют характер и интенсивность изнашивания инструмента, необходимо назначать режимы упрочняющей ЛО в зависимости от марки инструментального материала и режимов эксплуатации инструмента.

ВЫВОДЫ

1. Лазерная обработка сложнолегированных сплавов на основе железа при режимах, соответствующих температуре закалки, приводит к образованию многокомпонентной окисной пленки на поверхности ЗЛВ, в составе которой присутствуют окислы железа и легирующих элементов (Cr, Mo, W) в зависимости от содержания легирующих элементов в исходном материале.

2. Для инструментальных сталей типа Р6М5 наблюдается существенное перераспределение концентраций легирующих элементов по глубине зоны ЛО, что определяет состав образующихся оксидов и их расположение относительно материала основы.

3. Многокомпонентная окисная пленка, образующаяся на поверхности ЗЛВ при импульсной лазерной обработке, оказывает существенное влияние на интенсивность изнашивания упрочненного инструмента.

4. Лазерная обработка инструмента, изготовленного из быстрорежущих сталей, приводит к расширению диапазона режимов резания, при котором достигается его наименьший износ. Упрочнение на воздухе обеспечивает стабильное изнашивание инструмента в широком диапазоне скоростей резания. Минимизирует интенсивность износа упрочненного инструмента.

Работа выполнена в рамках темы НИР СФ ФИАН №ГР01200502891.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Усманов К.Б., Якунин Г.И. Влияние внешних сред на износ и стойкость режущих инструментов. – Ташкент: Фан УзССР, 1984. 160с.
2. Sakrani S.B., Sullivan J.L. Iron oxide films in tribological surfaces of alloy steel. // SPIE, Proceedings. - 1998. – V.3175 – 3d International Conference on Thin Film Physics and Applications, Shixun Zhou, Yongling Wang, Yi-Xin Chen, Shuzheng Mao; Eds. (02/1998). P.176-179.
3. Влияние окисных пленок на износостойкость режущих инструментов / В.П. Нестеренко, К.П. Арефьев, В.И. Меркулов и др. // СТИН. 2001. №6. С.22-23.
4. Яреско С.И., Нерубай М.С. Физико-технологичес-

- кие особенности процесса резания инструментом, упрочненным лазерным излучением // *Металлообработка*. 2001. №1. С.22-27.
5. *Нестеренко В.П.* Влияние обработки мощным ионным пучком на электронные свойства образующихся полиоксидных пленок и износостойкость твердосплавного режущего инструмента. // *Физика и химия обработки материалов*. 2005. №3. С.33-38.
 6. *Крагельский И.В.* Трение и износ. М.: Машиностроение, 1968. 480с.
 7. *Зорев Н.Н.* Вопросы механики процесса резания металлов. М.: Машиностроение, 1956. 472 с.
 8. Расширение функциональных возможностей оже-электронного спектрометра ЭСО-3-03 для решения технологических задач в области микроэлектроники / *А.Т. Козаков, А.В. Никольский Л.В. Битюцкая, И.Б. Степаненко* // Актуальные проблемы твердотельной электроники и микроэлектроники: тез. докл. 9^{ой} Междунар. науч.-техн. конф. 12-17 сент. 2004. Таганрог, 2004. Ч.1. С.130-133.
 9. *Яресько С.И., Михеев П.А., Каковкина Н.Г.* Обеспечение равномерного распределения интенсивности лазерного излучения при импульсной термообработке с помощью неустойчивого резонатора. // *Физика и химия обраб. материалов*. 2000. №6. С.19-25.
 10. *Кондратов А.С.* Методика экспериментального установления режимов скоростного точения в производственных условиях // *Вестник машиностроения*. 1963. №4. С.59-60.
 11. Анализ поверхности методами оже- и рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии / под ред. *Д. Бриггса и М.П. Суха*. М., Мир, 1987. 600 с.
 12. *Яресько С.И., Бережная А.Г.* Электрохимическое определение характеристик окисной пленки, сформированной на инструментальных сталях при лазерном импульсном нагреве // *Физика и химия обработки материалов*. 2006. №6. С.51-56.
 13. *Masa-ichi Nagayama, Morris Cohen.* The Anodic Oxidation of Iron in a Neutral Solution. 1. The Nature and Composition of the Film. // *J. of the Chemical Society*. 1962. V.109, N.9. P.781-790.
 14. *Кохстад П.* Высокотемпературное окисление металлов. М.: Мир, 1969. 392с.
 15. Топохимические реакции на поверхности железа при термоокислении на воздухе. / *Ю.В. Болдохин, Е.К. - Оше, Т.Ю. Зимица, П.Я. Колотыркин* // *Защита металлов*. 1990. Т.26, №6. С. 983-988.
 16. *Нерубай М.С., Яресько С.И.* Моделирование процесса резания инструментом, упрочненным лазерным излучением // *Справочник. Инженерный журнал*. 2004. №5. С.6-10.
 17. *Яресько С.И., Каковкина Н.Г.* Структура и фазовый состав зоны трения инструментальных сталей после лазерной обработки // *Высокие технологии в машиностроении: материалы междунар. науч.-техн. конф., Самара, 20-22 нояб. 2004. Самара, СамГТУ, 2004. С.16-17.*

COMPOSITION OF OXIDE FILMS OF LASER PULSE TREATMENT ZONE OF HIGH-SPEED STEELS AND ITS INFLUENCE ON METAL-CUTTING TOOL EFFICIENCY

© 2009 А.Т. Kozakov¹, S.I. Yaresko²

¹ Scientific Research Institute of Physics of Southern Federal University, Rostov-on-Don

² Samara Branch of P.N. Lebedev Physical Institute of the Russian Academy of Sciences

AES results of a surface of laser pulse treatment zone of high-speed steels on air are presented. Formation of oxide films FeO, Fe₂O₃ and also the films of higher oxides of Cr, Mo and W, essential redistribution of concentration of alloying elements on depth of laser treatment zone are established. It is shown, that multicomponent oxide film influences on wear intensity of the hardened tool essentially. It is established, that laser treatment on air provides increase of stability of wear-out of the tool in a wide range of cutting speeds, leads to significant expansion of a range of cutting regimes at which decrease of the wear of the hardened tool is reached, minimizes wear intensity of the hardened tool.

Keywords: laser treatment, high-speed steel, oxide films, AES, tool wear out.

Alexey Kozakov, Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Laboratory Head.

E-mail: kozakov_a@mail.ru;

Sergey Yaresko, Candidate of Technics, Senior Research Fellow, Scientific Secretary. E-mail: scisec@fian.smr.ru.