

УДК 620.178+677.042

Пинахин Игорь Александрович, Тоескин Станислав Александрович

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОБЪЕМНОГО ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО УПРОЧНЕНИЯ (ОИЛУ) НА СТОЙКОСТЬ ТВЕРДОСПЛАВНОГО РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

В статье рассматриваются результаты исследований влияния упрочнения твердосплавных инструментов методом объемного импульсного лазерного упрочнения.

Ключевые слова: импульсная лазерная обработка, абразивное изнашивание, твердые сплавы, машина трения.

Pinahin Igor Aleksandrovich, Toeskin Stanislav Aleksandrovich

COMPREHENSIVE STUDY OF THE EFFECT OF VOLUME PULSE LASER HARDENING (VPLH) ON THE RESISTANCE OF HARD ALLOYS CUTTING TOOLS

Results of influence studies of raising toughness of instruments are considered in the article from hard alloys by the method of pulsed lazer processing.

Key words: pulsed lazer processing, abrasive wearing, hard alloy, machine of friction.

В настоящее время широко используются твердосплавные режущие инструменты при изготовлении и ремонте машин и сооружений. Для экономии дефицитных дорогостоящих инструментальных материалов (вольфрам, тантал, титан и др.) применяют различные методы упрочнения. При этом одним из наиболее перспективных на настоящий момент является метод объемного импульсного лазерного упрочнения [1].

Как известно, одной из важнейших задач при проведении лабораторных экспериментов и производственных испытаний является обеспечение их сходимости. Лабораторные эксперименты, как правило, имеют относительно небольшую трудоемкость, материалоемкость и позволяют делать предварительные выводы, намечать план действий и т. п. Производственные испытания являются главным критерием истины, и их результаты не всегда совпадают с полученными данными в лабораторных условиях. Для устранения возможных несоответствий были исследованы 40 напайных пластин из твердого сплава ВК8, предназначенных для изготовления расточных резцов, работающих в условиях черновой обработки высокопрочного чугуна ВЧ320 (HB 156...197) на ОАО «Стапри» (Ставропольский завод поршневых колец).

На первом этапе исследований для исходных образцов была измерена микротвердость на микротвердомере ПМТ-3 и проведен рентгеноструктурный анализ по трем точкам (рис. 1) на рентгеновском дифрактометре «Рикор-6».

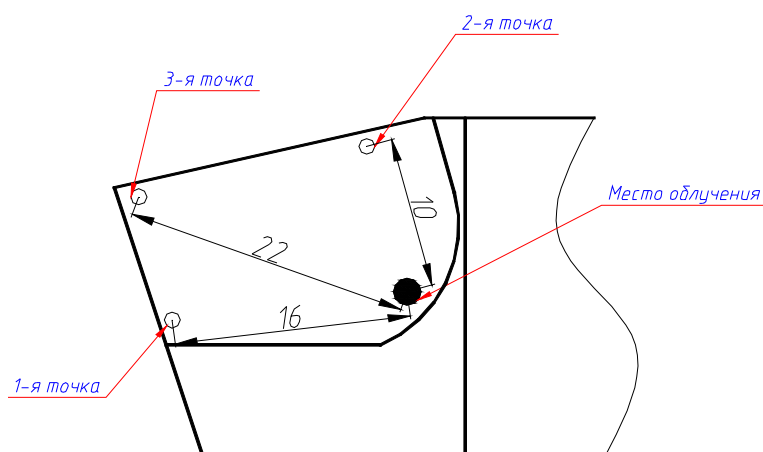


Рис. 1. Схема расположения точек для проведения рентгеноструктурного анализа

Затем было проведено объемное импульсное лазерное упрочнение с использованием лазера ГОС1001 при следующих режимах: полезная энергия импульса – 400 Дж, время импульса – 0,8 мс, диаметр луча лазера – 1,4 мм. Для упрочненных образцов была измерена микротвердость и проведен рентгеноструктурный анализ с соблюдением равноточных условий по сравнению с неупрочненными.

На рис. 2 показана зависимость коэффициента изменения микротвердости от расстояния от места облучения. Коэффициент изменения микротвердости определялся по формуле:



Рис. 2. Зависимость коэффициента изменения микротвердости от расстояния от места облучения (доверительный интервал: $\Delta K_{HV} = \pm 0,0224$)

$$K_{HV} = \frac{HV_{ОИЛУ}}{HV_{исх}}, \quad (1)$$

где $HV_{исх}$ и $HV_{ОИЛУ}$ – соответственно микротвердость по Виккерсу неупрочненных и прошедших ОИЛУ образцов.

Как видно из рис. 2, наблюдается повышение микротвердости твердого сплава ВК8 после ОИЛУ. При этом максимум увеличения микротвердости (10 %) соответствует расстоянию 16 миллиметров от места облучения.

На рис. 3 приведены полученные дифрактограммы неупрочненного и прошедшего ОИЛУ образцов в точке 1.

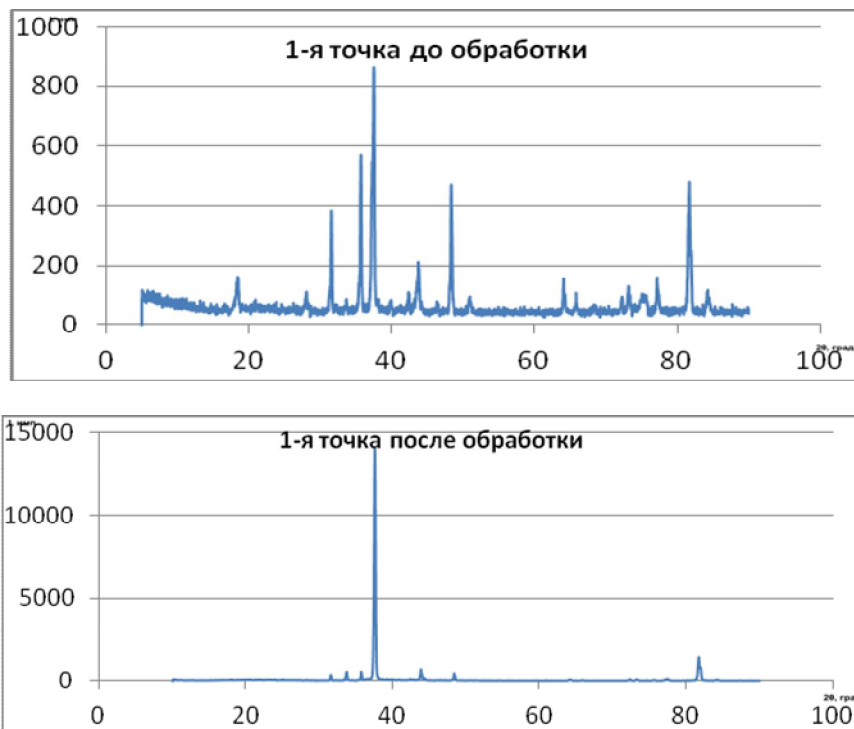


Рис. 3. Рентгенограммы твердого сплава ВК8 в точке 1 до и после ОИЛУ (расстояние от места облучения 16 миллиметров)

Как видно из рис. 3, после ОИЛУ в точке 1 происходит перераспределение интенсивности рентгеновских линий с образованием одного ярко выраженного пика. Подобная картина наблюдается на рентгенограммах, соответствующих точкам 2 (расстояние от места облучения 10 миллиметров) и 3 (расстояние от места облучения 22 миллиметра). При этом наибольшая величина перераспределения интенсивности рентгеновских линий наблюдается в точке 1.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что наибольшие изменения в материале происходят в точке 1, т. е. на расстоянии 16 миллиметров от места облучения. Это может быть связано с увеличением плотности дислокаций, дроблением блоков мозаики и увеличением степени микроискажений кристаллической решетки в карбидных фазах и кобальтовой прослойке.

На следующем этапе исследуемые пластины были переданы на ОАО «Стапри» для изготовления расточных резцов. Условия работы и режимы резания были следующие: вид режущего инструмента – токарный расточной резец $\varphi = 75^\circ$; марка твердого сплава – ВК8; оборудование – станок 1Е365; обрабатываемый материал, твердость – ВЧ320, НВ 156-197; состояние обрабатываемой поверхности – литейная корка; режимы резания – глубина резания $t = 3,25$ мм, подача $S = 0,35$ мм /об, скорость резания $V = 37$ м/мин. Использовалось по 20 упрочненных резцов для обработки заготовок с внутренними диаметрами 123,5 и 145 мм. Для определения возможности совместной обработки результатов производственных испытаний, проводимых в несколько разных условиях, был использован метод апостериорной рандомизации [2] с использованием программы Statistica.

Особенно следует отметить то, что нами контролировалась «чистота» результатов производственных испытаний, что заключалось в сравнении результатов испытаний исходного упрочненного инструмента с исходным неупрочненным, упрочненного и неупрочненного после первой переточки, упрочненного и неупрочненного после второй переточки и т. д. Это связано с тем, что в результате заточной операции могли меняться свойства режущих инструментов. Всего производилось пять переточек, т. е. каждый резец имел шесть периодов стойкости.

Результаты производственных испытаний представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты производственных испытаний

Наименование	Номер периода стойкости	Максимальное расстояние от главной режущей кромки до места облучения, мм	Средняя стойкость T_{cp} , мин	Коэффициент изменения средней стойкости $\frac{T_{ОИЛУ}}{T_{исх}}$	Средняя гамма-процентная стойкость ($\gamma = 0,9$) $T_{\gamma cp}$, мин	Коэффициент изменения средней гамма-процентной стойкости $\frac{T_{\gamma cp ОИЛУ}}{T_{\gamma ср исх}}$	Коэффициент вариации стойкости K_T
Неупрочненные резцы	1	-	236	-	208	-	0,34
	2	-	238	-	212	-	0,31
	3	-	234	-	206	-	0,32
	4	-	236	-	207	-	0,28
	5	-	238	-	210	-	0,30
	6	-	237	-	208	-	0,31
Резцы после ОИЛУ	1	22	439	1,86	404	1,94	0,26
	2	19,6	467	1,96	412	1,94	0,24
	3	17,2	482	2,06	418	2,03	0,22
	4	14,8	481	2,04	416	2,01	0,22
	5	12,4	478	2,01	415	1,98	0,25
	6	10,0	469	1,98	407	1,96	0,26

Как видно из табл. 1, стойкость режущих инструментов, прошедших ОИЛУ, повышается в среднем в 2,0 раза. При этом наибольший эффект наблюдается на расстоянии 17,2 миллиметров от главной режущей кромки до места облучения. Кроме того, снижение коэффициента вариации для упрочненных резцов говорит о повышении стабильности процесса резания.

Для оценки степени связи между результатами лабораторных экспериментов (измерение микротвердости, рентгеноструктурный анализ) и производственных испытаний (стойкость режущего инструмента) использовалось корреляционное отношение [3], которое определялось по формуле:

$$\eta = \sqrt{\frac{\sigma^2 - \sigma_y^2}{\sigma^2}}, \quad (2)$$

где $\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum (y - \bar{y})^2$, $\sigma_y^2 = \frac{1}{n} \sum (\bar{y}_j - \bar{y})^2$; $\bar{y}_j$ – групповая средняя.

Значения корреляционного отношения (рис. 4) показывают высокую степень сходимости результатов лабораторных экспериментов и производственных испытаний.

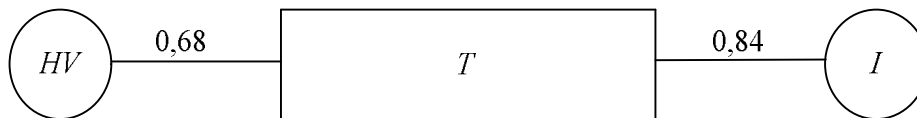


Рис. 4. Схема корреляционной связи микротвердости (HV) и интенсивности рентгеновских линий (I) со стойкостью

Также тесноту связи наглядно характеризуют графики, изображенные на рис. 5, 6.

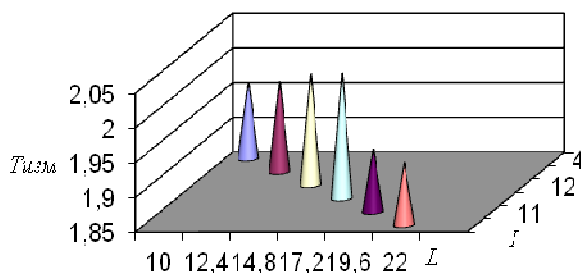


Рис. 5. Зависимость изменения стойкости $T_{изм}$ от расстояния от места облучения до главной режущей кромки L и перераспределения интенсивности рентгеновских линий I

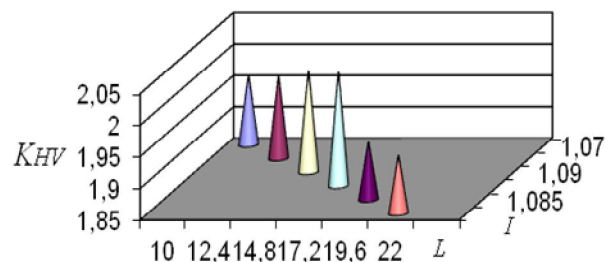


Рис. 6. Зависимость изменения стойкости $T_{изм}$ от расстояния от места облучения до главной режущей кромки L и коэффициента изменения твердости K_{HV}

Исходя из вышеизложенного, можно сделать выводы:

- 1) метод объемного импульсного лазерного упрочнения обеспечивает объемное упрочнение инструментального материала;
- 2) результаты лабораторных экспериментов (измерение микротвердости, рентгеноструктурный анализ) и производственных испытаний (стойкость режущего инструмента) имеют высокую тесноту связи, при этом оптимальный выбор режимов упрочнения целесообразно осуществлять по результатам рентгеноструктурного анализа.

Литература

1. Пинахин И. А., Копченков В. Г. Влияние импульсной лазерной обработки твердосплавных режущих инструментов на эффективность обработки металлов резанием // Вестник ДГТУ. Ростов-н/Д., 2010. №8. С. 1235–1240.
2. Башков В. М., Кацев П. Г. Испытания режущего инструмента на стойкость. М.: Машиностроение, 1985. 136 с.
3. Длин А. М. Факторный анализ в производстве. М.: Статистика, 1975. 236 с.