

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ ВК6, ВК8 И Т5К10, ПРОШЕДШИХ ОБЪЕМНОЕ ИМПУЛЬСНОЕ ЛАЗЕРНОЕ УПРОЧНЕНИЕ

¹ Пинахин И. А., Черниговский В. А., Брацихин А. А., Ягмуров М. А., Сугаров Х. Р.,
²Мезенева И.А.

1 Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия,

2 ОАО «ТТ Аналитика», г. Москва, Россия

e-mail: Irina.mezeneva@thermotechno.ru

Для увеличения эксплуатационного ресурса режущих инструментов и деталей машин используют различные методы упрочнения. При этом существенный недостаток применения методов — недостаточные исследования влияния тех или иных источников высококонцентрированных потоков энергии на свойства инструментальных и конструкционных материалов. В ряде случаев могут формироваться так называемые экстремальные условия рабочей среды (высокое давление, напряженно-деформированное состояние материала, большие деформации и скорости деформаций, состояние вещества, характеризующееся высокой концентрацией энергии, и др.), что приводит к непредвиденным результатам изменения механических свойств материалов. При использовании метода объемного импульсного лазерного упрочнения (ОИЛУ), экстремальные условия выражаются в быстром (до 0,1 с) перераспределении большой по значениям энергии лазерного импульса (до 200 кДж, или плотности энергии до 50 ГДж/м) сначала в тепловую энергию нагрева материала, а затем в механическую энергию ударной волны. За счет ударной волны происходят качественные преобразования в материале упрочняемого образца, приводящие к изменению его механических свойств.

Цель работы — исследование механических свойств широко применяемых при изготовлении режущих инструментов твердых сплавов ВК6, ВК8 и Т5К10 с помощью традиционных методов (исследования микротвердости и абразивной износостойкости) и сравнение полученных данных с результатами рентгеноструктурного анализа. Размеры исследованных образцов сплавов составляли 50 x 15 x 15 (исследование микротвердости и абразивной износостойкости) и 100 x 30 x 25 мм (рентгеноструктурный анализ). Исследование прочности на изгиб проводили согласно ГОСТ 27034-86 (ИСО 4506-79).

Прочность на изгиб исследовали с помощью универсальной однозонной электромеханической испытательной машины LabTest 6.600 оснащенной программным обеспечением с возможностью определения девяти параметров, построения графиков и статистической обработки результатов измерений. Микротвердость с помощью микротвердомера Innovatest 423D, с системой автоматизированного определения параметра, документирования и анализа снимков (шаг 4 мм). Испытания на абразивный износ проводили на универсальной машине трения МТУ-01, Россия (схема «пальчиковый образец — вращающийся круг», скорость вращения 62 м/мин). При этом исходные и упрочненные образцы чередовали. Образцы взвешивали на аналитических весах AND HR-200 (точность до 0,1 мг)

Для рентгеноструктурного анализа использовали рентгеновский дифрактометр ARL EXTRA (излучение CuK α , I = 1,5406 А). Результаты обрабатывали с помощью программы Crystallographica Search Match Version 3.1.0.2. Для последовательного изучения отдельных зон образцов применяли точечный коллиматор (диаметр точечного пучка 0,5 мм). При этом исследовали области на поверхности образцов на расстоянии 8-32 мм от места облучения до главной режущей кромки (шаг 4 мм).

ОИЛУ проводили на твердотельном Nd:YAG лазере «ЛИС-200» в одномодовом режиме свободной генерации при следующих режимах: энергия в луче лазера 50 - 200

Дж (плотность энергии 2,5 - 50 ГДж/м²), длительность лазерного импульса 0,5 - 4,0 мс, диаметр луча лазера 1,0 - 2,5 мм. Сплавы ВК6, ВК8, Т5К10 подвергали также производственным испытаниям (режущий инструмент — проходной резец с напайной пластиной; обрабатываемый материал — серый чугун СЧ 15; обрабатываемая поверхность — литейная корка; скорость резания — 86 м/мин, подача 0,52 мм/об, глубина резания 1,0 мм). Результаты измерений изменения механических свойств (микротвердости, прочности на изгиб, абразивной износостойкости сплавов) в зависимости от режима ОИЛУ представлены на рис. 1.

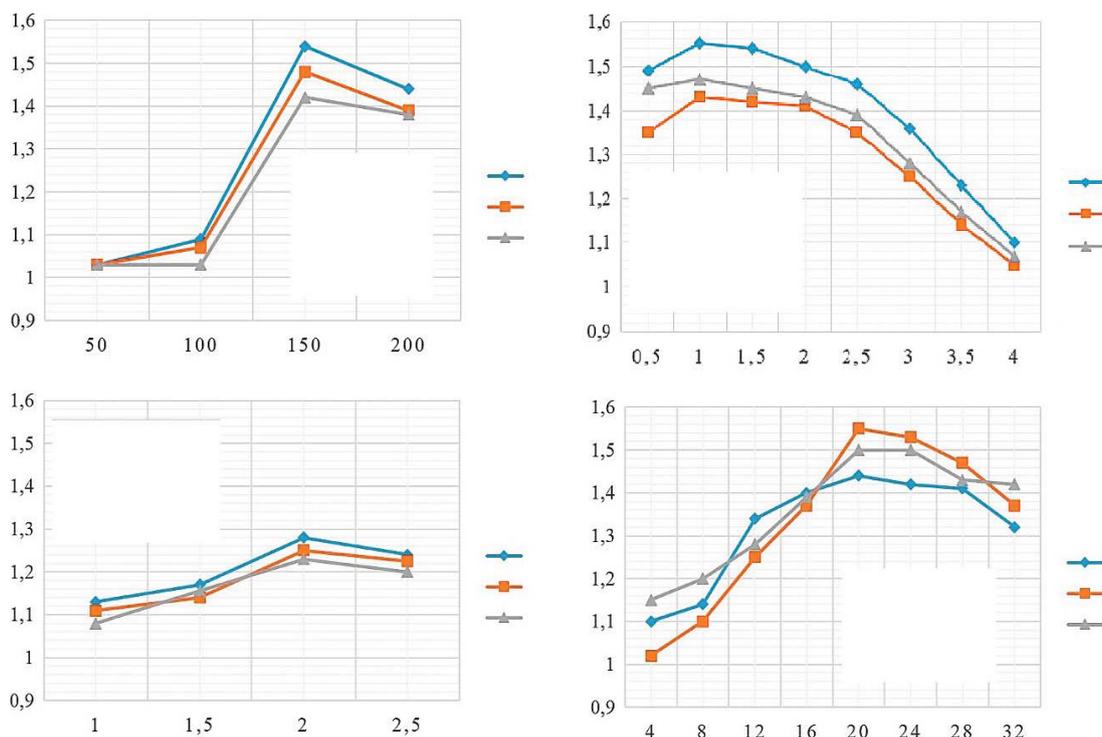


Рисунок 1- Зависимость изменения микротвердости твердых сплавов от режима ОИЛУ: а — от энергии лазерного импульса E ; б — длительности лазерного импульса t ; в — диаметра луча лазера d_n ; г — расстояния от места облучения до исследуемой точки образца l (1 — ВК6; 2 — ВК8; 3 — Т5К10)

Видно, что зависимости характеризуются ярко выраженными экстремумами, по которым определили оптимальный режим ОИЛУ: $E = 150$ Дж, $t = 1,0$ мс, $d_n = 2,0$ мм, $l = 20$ мм. Используя полученные результаты рентгеноструктурного анализа исходных и упрочненных образцов, определяли показатели изменения дефектности структуры. Зависимости изменения плотности дислокаций от режима ОИЛУ приведены на рис. 2 (зависимости L и $\Delta d/d$ аналогичны).

Экстремумы совпадают с установленными оптимальными режимами ОИЛУ (см. рис.1, рис.2). Для окончательной оценки возможности замещения механических испытаний рентгеноструктурным анализом провели производственные испытания образцов и расчет «тесноты» связи.

Таким образом проведенные исследования твердых сплавов ВК6, ВК8, Т5К10 показали возможность применения рентгеноструктурного анализа для оптимизации режимов ОИЛУ вместо механических испытаний, что позволит уменьшить затраты на изготовление образцов, расход электроэнергии и время лабораторных испытаний.

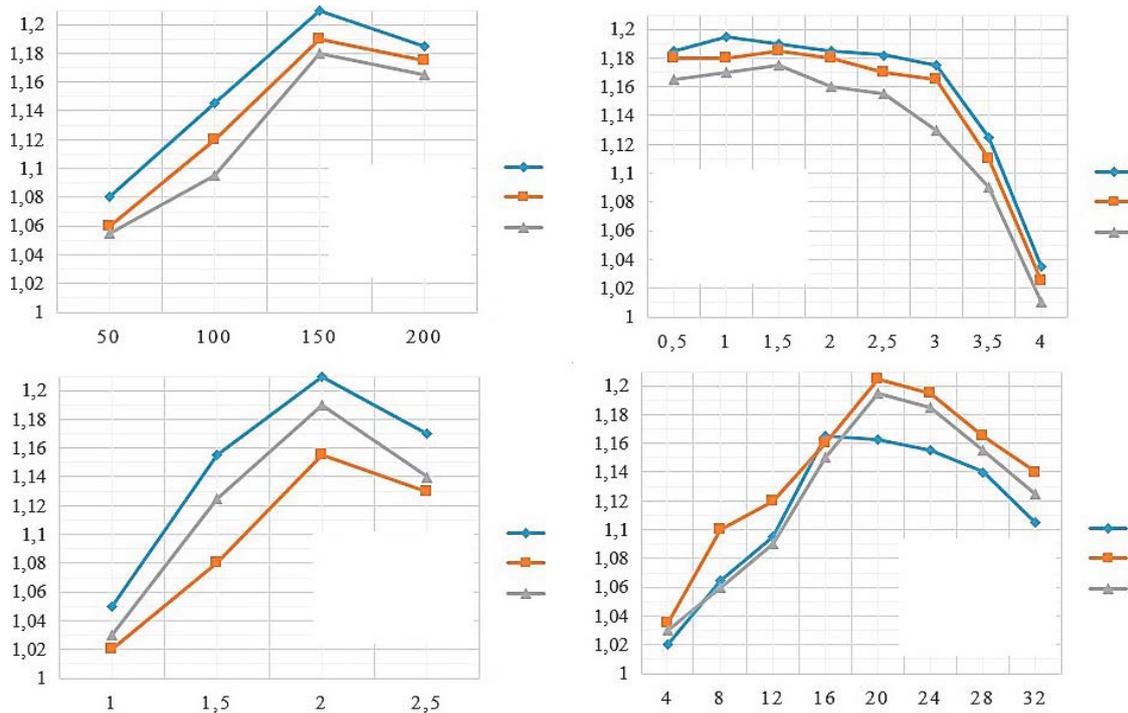


Рисунок 2- Зависимость изменения плотности дислокаций K_p твердых сплавов от режима ОИЛУ: а — от энергии лазерного импульса E ; б — длительности лазерного импульса t ; в — диаметра луча лазера d_l ; г — расстояния от места облучения до исследуемой точки образца l (1 — VK6; 2 — VK8; 3 — T5K10).

Список литературы.

- 1.Иванов Н.Л., Гаврилюк В.С., Жилкин А.М. Технологические лазеры и их применение в машиностроении. Принципы лазерного излучения / Технология металлов. 2000. № 1.С. 39-42.
2. Pinahin I. A., Chernigovskij V. A., Bracihin A. A., Yagmurov M. A. Improvement of Wear Resistance of VK6, VK8, T5K10, and T15K6 Hard Alloys by Volume Pulsed Laser Hardening / J. Friction Wear. 2015. Vol. 36. N4. P. 330-333.
- 3.Пинахин И. А., Копченков В. Г. Влияние импульсной лазерной обработки твердосплавных режущих инструментов на эффективность обработки металлов резанием / Вестник ДГТУ 2010. № 8. С. 1235-1240.
- 4.Яковлева С. П., Махарова С. Н., Борисова М. З. Комплексное исследование механических свойств низколегированной стали с ультрамелкозернистой (200-600 нм) структурой / Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2008. Т. 74. № 1. С. 50-53.
- 5.Мокрицкий Б. Я. Метод оценки свойств инструментальных материалов и диагностика работоспособности режущего инструмента / Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2010. Т. 76. № 9. С. 41-49.