

**ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА  
БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ**

Ж.Б. Сагдолдина, Б.К. Рахадиллов, А.А. Мякинин

Научный руководитель: профессор, д.ф-м.н. М.К. Скаков

Национальный ядерный центр Республики Казахстан,

Казахстан, г. Курчатов, ул. Красноармейская 2, 071100

E-mail.ru: [Sagdoldina@mail.ru](mailto:Sagdoldina@mail.ru)

**EFFECT OF ELECTRON-BEAM TREATMENT ON THE PROPERTIES OF HIGH SPEED STEEL**

Zh.B. Sagdoldina, B.K. Rakhadilov A.A. Myakinin

Scientific Supervisor: Prof., Dr. M.K. Skakov

National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan,

Kazakhstan, Kurchatov city, Krasnoarmeyskaya st. 2, 071100

E-mail.ru: [Sagdoldina@mail.ru](mailto:Sagdoldina@mail.ru)

***Abstract.** Results of research influence of the modes of electron beam processing on structure and properties of P6M5 high-speed cutting steel are presented in article. On the basis of pilot studies, the optimum mode of electron beam processing of high-speed cutting steel is chosen. It is experimentally defined that after electron beam processing the microhardness of P6M5 high-speed cutting steel increases to 950 MPa and wear resistance increases to 1,3 times in comparison with initial material. It is established that electron beam processing allows receiving the modified layer with a high hardness and high resistance to abrasive wear. Substantial increase of microhardness and wear resistance of high-speed cutting steels after electron beam processing shows prospects of application of this way of processing for increase of operability of the cutting tools from high-speed cutting steels.*

**Введение.** Одной из важнейших проблем современного машиностроения является обеспечение максимальной износостойкости металлообрабатывающего инструмента при различных условиях нагружения в процессе обработки деталей резанием [1]. Долговечность инструмента зависит не только от свойств материала, определяемых технологией изготовления и объемного упрочнения, но и в значительной степени от свойств поверхности. В последние годы получили развитие новые способы обработки поверхности, использующие концентрированные потоки энергии. Они позволяют существенно сократить время обработки, а также снижать энергозатраты на проведение обработки [2]. Кроме того, высокоэффективные способы обработки позволяют получать структурно-фазовые состояния поверхности, недостижимые при использовании традиционных технологий. В связи с вышеизложенным, целью данной работы является исследование влияния режимов электронно-лучевой обработки на структуру и свойства быстрорежущей стали P6M5.

**Материалы и методы исследования**

В соответствии с поставленной задачей в качестве объекта исследования была выбрана быстрорежущая вольфрамомолибденовая сталь P6M5. Заготовки образцов для исследований в виде параллелепипедов с размером 8x15x15 мм<sup>3</sup> вырезали из режущих инструментов (фрезы) из стали P6M5,

подвергнутых стандартной для этой стали термообработке: закалке от 1230°C в масле и последующему трехкратному отпуску при 560°C (длительность каждого отпуска 1 ч, охлаждение в воздухе).

Облучение образцов стали Р6М5 электронным пучком проводили на ускорителе ЭЛВ-4. Перед облучением образцы стали были отшлифованы и отполированы.

Металлографические исследования проведены на оптическом микроскопе «ALTA-MET-1M». Морфологию структуры поверхности изучали на растровом электронном микроскопе JSM-6390LV, оснащенным приставкой энергодисперсионного анализа. Исследования фазового состава и кристаллической структуры образцов осуществляли методами рентгеноструктурного анализа на дифрактометре X'PertPro с использованием  $\text{CuK}\alpha$ -излучения. Микротвердость образцов измеряли методом вдавливания алмазного индентора на приборе ПМТ-3М при нагрузке 100 г и выдержке под нагрузкой 10 с. Испытания образцов на абразивный износ проводили на экспериментальной установке для испытаний на абразивное изнашивание при трении о не жестко закрепленные частицы абразива по схеме «вращающийся ролик – плоская поверхность» в соответствии с ГОСТ 23.208-79, который совпадает с американским стандартом ASTM C 6568. Износ измеряли весовым методом на аналитических весах АДВ-200 с точностью до 0,0001 г.

#### Результаты исследований и их обсуждение

На рисунке 1 приведены значения микротвердости поверхности образцов стали Р6М5 до и после электронного облучения. На основе анализа полученных результатов по определению микротвердости установлено, что микротвердость значительной степени зависит от значения тока электронного пучка и не сильно зависит от энергии пучка. При этом определено, что облучение с продолжительностью до 1 сек не приводит к значительному изменению микротвердости, а увеличение продолжительности до 9,6 сек приводит к уменьшению микротвердости. Самое большое значение микротвердости наблюдается после облучения при энергии электронного пучка 1,2 и тока 40 мА.

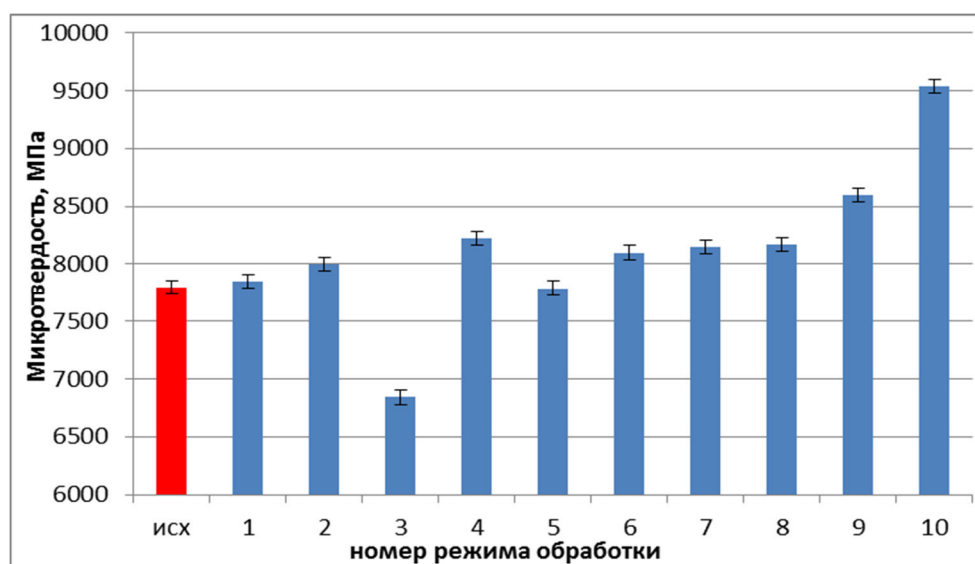


Рис. 2. Зависимость микротвердости поверхностного слоя стали Р6М5 от режима ЭЛО

Результаты испытания образцов на абразивный износ охарактеризовали потерей массы образцов после испытания. Значительное увеличение износостойкости наблюдается после ЭЛО следующих

режимах:  $E=1,3$  и  $I=35$  мА;  $E=1,2$  и  $I=40$  мА.

Металлографический анализ показал, что после облучения электронным пучком энергией 1,3 МэВ, током 35 мА и энергией 1,2 МэВ, током 40 мА наблюдается уменьшение размера карбидов. Наблюдается, что после облучения электронным пучком энергией 1,2 МэВ, током 25 мА в течение 9,6 сек увеличивается размеры карбидных частиц и по границам зерен карбидных частиц образуются оксиды, за счет высокой температуры нагрева. Поскольку при высоких температурах происходят процессы коагуляции карбидов снижающих твердость [3]. Из РЭМ-изображении поверхности образцов, облученного электронным пучком энергией 1,3 МэВ, током 35 мА и энергией 1,2 МэВ, током 40 мА можно увидит структуру мелкоразмерных карбидных частиц. Известно [4], что с уменьшением размеров зерен карбидов износостойкость и твердость быстрорежущих сталей увеличиваются. Таким образом, можно утверждать, что повышение микротвердости и износостойкости связано с образованием на поверхности мелких карбидов.

#### **Заключение**

1. Экспериментально определено, что после электронно-лучевой обработки микротвердость быстрорежущей стали Р6М5 повышается до 950 МПа и износостойкость увеличивается в 1,3 раза по сравнению с исходным материалом.

2. Установлено, что электронно-лучевая обработка позволяет получить модифицированный слой с высокой твердостью и повышенной стойкостью к абразивному износу. Значительное повышение микротвердости и износостойкости быстрорежущих сталей после электронно-лучевой обработки показывает перспективность применения этого способа обработки для повышения работоспособности режущих инструментов из быстрорежущих сталей.

Настоящая работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки МОН РК на 2015-2017 гг. по программе «Грантовое финансирование научных исследований».

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Лоладзе Т.Н. Прочность и износостойкость режущего инструмента / Т.Н. Лоладзе. М.: Машиностроение, 1982. – 320 с.
2. Высокоэнергетические процессы обработки материалов / О.П. Со-лоненко, А.П. Алхимов, В.В. Марусин, А.М. Оришич, Х.М. Рахмиянов, Р.А. Салимов, В.Г. Щукин, В.Ф. Косарев. Новосибирск : Наука, 2000. - 425 с.
3. Гуляев А.П., Малинина К.А., Саверина С.М. Инструментальные стали: Справочник. М.: Машиностроение, 1975.- 272 с.
4. Фрезерное дело. Учебное пособие для средн. проф.-техн. училищ. Изд. 2-е. Барбашов Ф. А. \ Высшая школа - 1975 - 216 с.