

Костюк Г.И. доктор техн. наук
 Белоусов А.А.
 Некрасов А.А.
 Скорик Е.Г.

УДК 621.9.02.6

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПЛАЗМЕННО-ИОННОЙ, ИОННОЛУЧЕВОЙ, СВЕТОЛУЧЕВОЙ И КОМБИНИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ТРЕБУЕМУЮ СТОЙКОСТЬ ИНСТРУМЕНТА, ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ЕГО МАТЕРИАЛА И КОРРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ.

В настоящее время проведено значительное количество научных исследований по вопросу повышения стойкости режущего инструмента (РИ) за счет нанесения плазменно-ионных покрытий, ионного легирования, ионной имплантации и лазерного упрочнения, которые обобщены в монографиях /1-3/, хотя они и содержат данные о стойкости режущего инструмента, но носят разрозненный характер. В работах /4,5/ была сделана попытка систематизации данных о стойкости инструмента после плазменно-ионной, ионнолучевой, светолучевой обработки и комбинированной обработки, но эти данные не дают возможности прогнозирования стойкости РИ, износостойкости и коррозионной стойкости материалов. Так в работах /6,10/ была проведена попытка прогнозирования зависимостей качественных характеристик поверхностных слоев от технологических параметров, которая дает некоторые перспективы выбора технологических параметров при обеспечении максимальной стойкости РИ, диапазона требуемой стойкости РИ, износостойкости и коррозионную стойкость.

Тогда воспользовавшись зависимостями стойкости от различных технологических параметров и получив графически эти зависимости (или взяв производную по соответствующему технологическому параметру) можно определить технологические параметры соответствующие максимальным значениям стойкости РИ, требуемому диапазону стойкости, износостойкости и коррозионной стойкости.

1. СТОЙКОСТЬ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

На стойкость режущего инструмента влияет величина напряжения на подложке при осаждении плазменно-ионного покрытия:

$$T(U_n) = A_t U_n^n e^{-B_r U_n^k} + C_t \quad (1)$$

Стойкость инструмента может быть аппроксимирована с помощью зависимостей микротвердости от соответствующего технологического параметра H_v/X для всех технологий /10/.

$$T(X) = K_{kp} K_{nv} \frac{H_{vn}(X)}{H_v} - T_{вп} + C_t \quad (2)$$

где A_t , B_r , A_h , B_h , C_t - определяются дополнительным условием, H_v - микротвердость материала без покрытия, $T_{вп}$ - стойкость инструмента без покрытия, K_{kp} - коэффициент учитывает наличие трещин в покрытии, адгезию покрытия, наличие жидкой фазы и др. K_{nv} - коэффициент влияющий на стойкость и зависящий от микротвердости и толщины РИ перед нанесением покрытия.

Зависимость стойкости инструмента от давления азота при нанесении покрытия может быть представлена в виде:

$$T/P_{N_2} = A_p P^n e^{-B_p P^k} + C_p \quad (3)$$

При ионном легировании и ионной имплантации можно воспользоваться зависимостями для микротвердости, которая зависит от борта иона, его энергии и дозы облучения, что позволяет получить зависимости для стойкости инструмента. Так, например, для случая бомбардировки ионами азота, аргона, фтора, углерода и бора зависимость стойкости инструмента от дозы облучения может быть представлена в виде:

$$T/D = T_{ви} + K_{кп} K_{нв} \frac{1}{H_v} (A_n D^n e^{-B_o D^k}) \quad (4)$$

где $T_{ви}$ - стойкость инструмента не подверженного имплантации. Также получены зависимости от других технологических параметров. Ряд зависимостей представлен на рис. 1.

2. ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВОК НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ МАТЕРИАЛОВ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Показано, что на износостойкость материала РИ влияет величина напряжения на подложке.

$$\frac{V_{изн.п}}{V_{изн}} = A_{изн} U_n^n e^{-B_n U_n^k} + C_{изн} \quad (5)$$

Зависимости износостойкости от давления азота в камере аппроксимируются (вблизи реальных значений давлений) с использованием зависимости микротвердости от давления.

$$\frac{V_{изн.п}}{V_{изн}} = (A_v h^2 + B_p + C) \frac{K_{кп} K_{нв}}{H_v} \quad (6)$$

Для случаев имплантации ионов и ионного легирования износостойкость зависит от дозы облучения.

$$\frac{V_{изн.п}}{V_{изн}} = A_v d (D - D_k)^n e^{-B_o (D - D_k)^k} + C_n \quad (7)$$

где D_k - критическая доза облучения. Для износостойкости полученные зависимости представлены на рис. 2.

3. ОКИСЛЯЕМОСТЬ, КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ МАТЕРИАЛОВ

На окисляемость $V_{ок}$ при плазменно-ионном покрытии определяющей является толщина покрытия h и эта зависимость может быть представлена в виде:

$$V_{ок} = A_n h^2 + B_n h + C \quad (8)$$

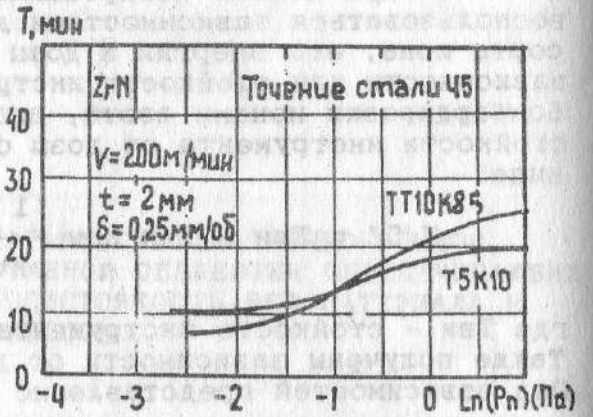
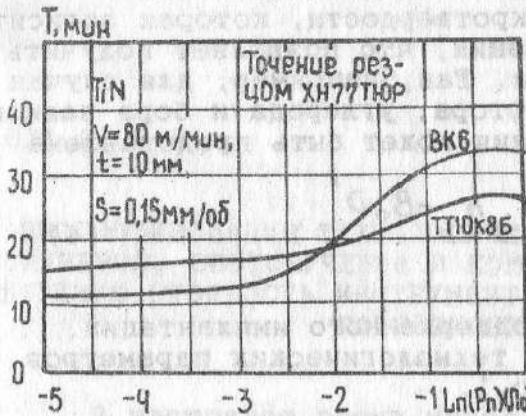
Изменение окисляемости за счет имплантации зависит от дозы облучения.

$$\frac{V_{ок.об}}{V_{ок}} = 1 + K(\lg(D - D_{кр})) \quad (9)$$

где $D_{кр}$ - критическая доза облучения.

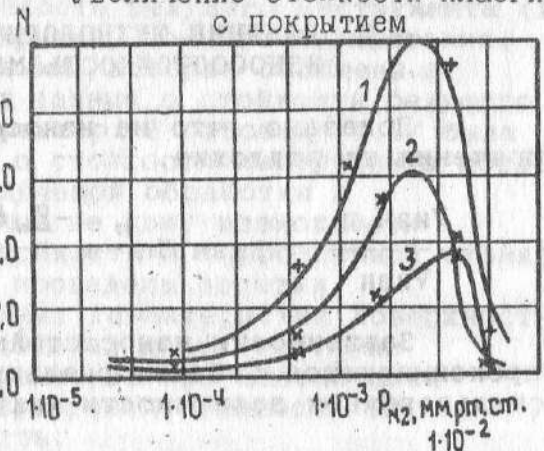
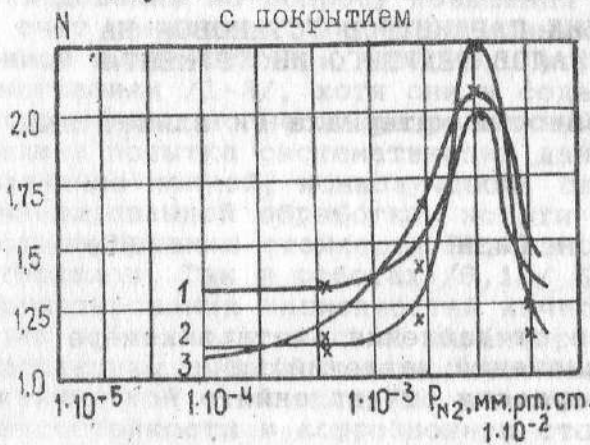
Стойкость резцов с покрытием

Стойкость резцов с покрытием



Увеличение стойкости пластин с покрытием

Увеличение стойкости пластин с покрытием



- 1 - инструм. материал P6M5;
- 2 - инструм. материал BK10M;
- 3 - инструм. материал TT10K85

- 1 - инструм. материал BK6;
- 2 - инструм. материал TT10K85;
- 3 - инструм. материал T5K10

Стойкость резцов с покрытием

Стойкость фрез с покрытием

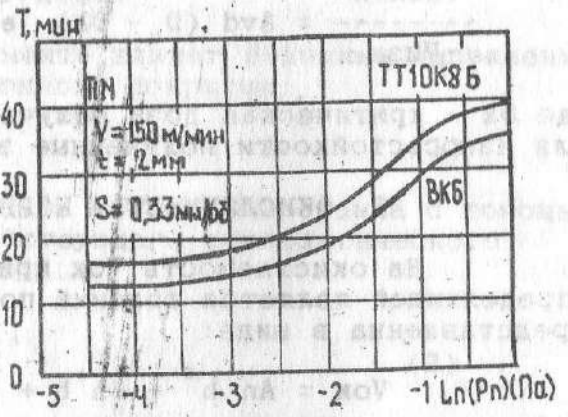
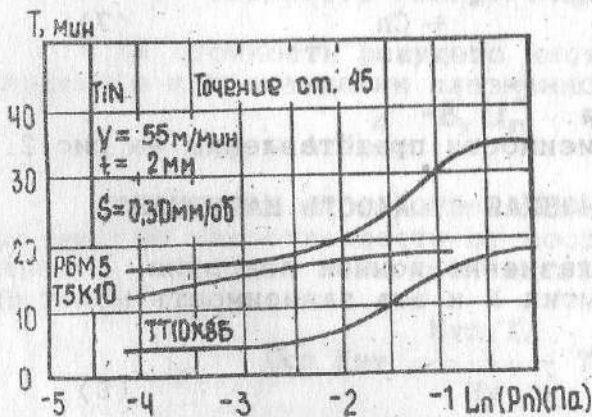
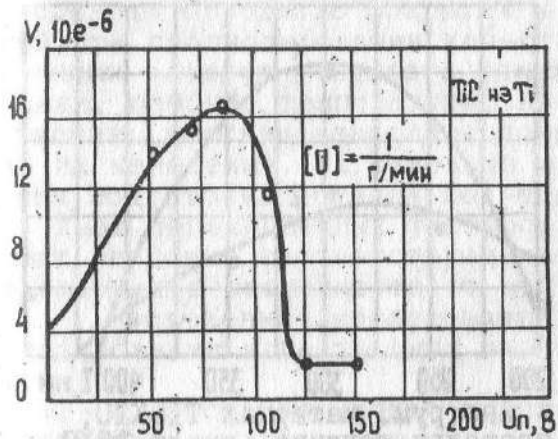


Рис. 1 а Фрезерование симметричное стали 40X

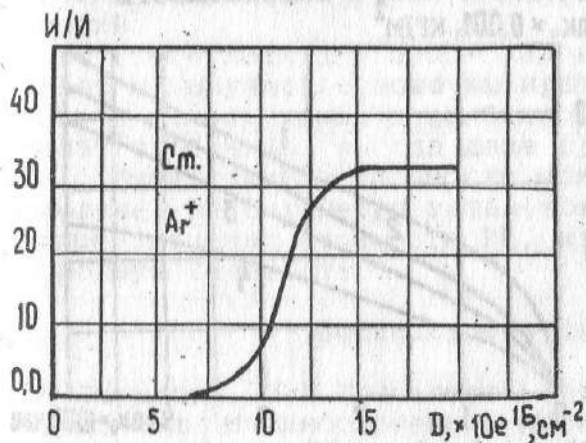
Стойкость образцов



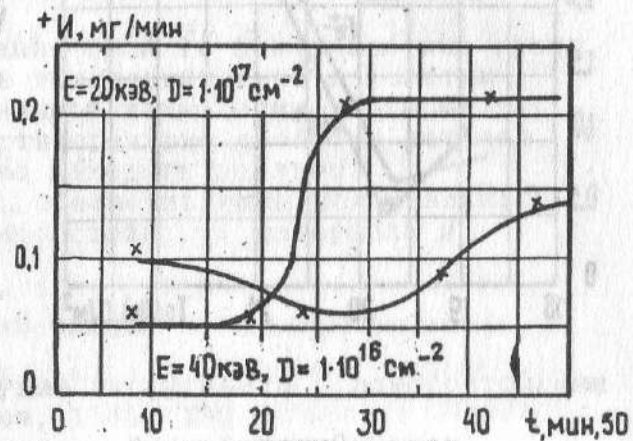
Зависимость скорости изнашивания от удельной нагрузки



Зависимость относительного снижения износа от дозы облучения



Зависимость скорости изнашивания от времени испытания



Зависимость скорости изнашивания от массы имплантированного иона

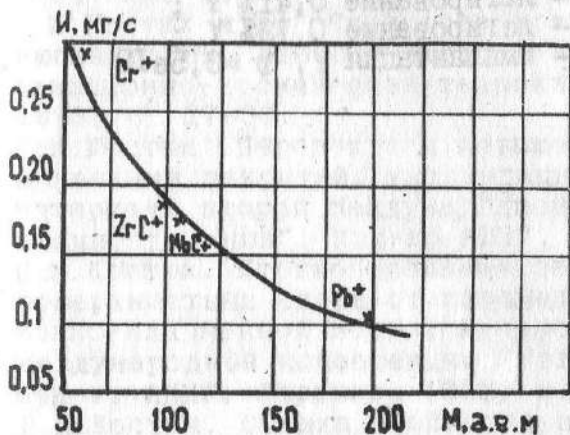
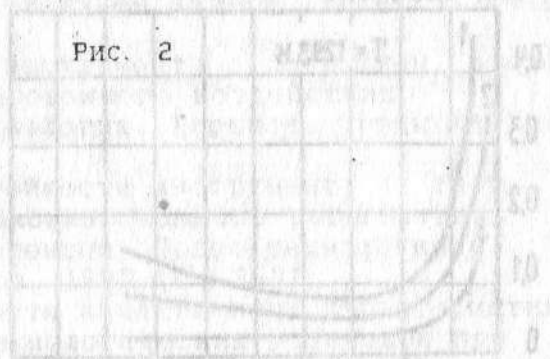
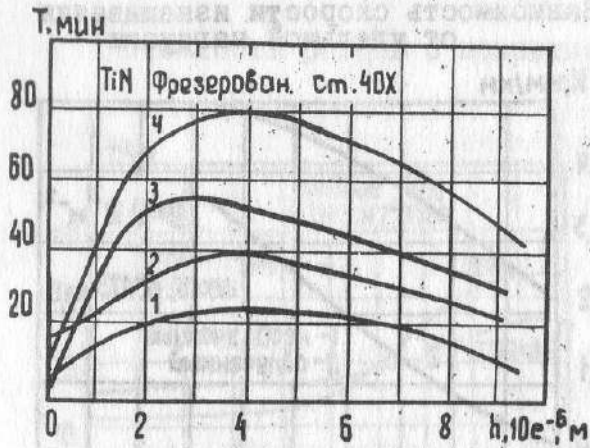


Рис. 2



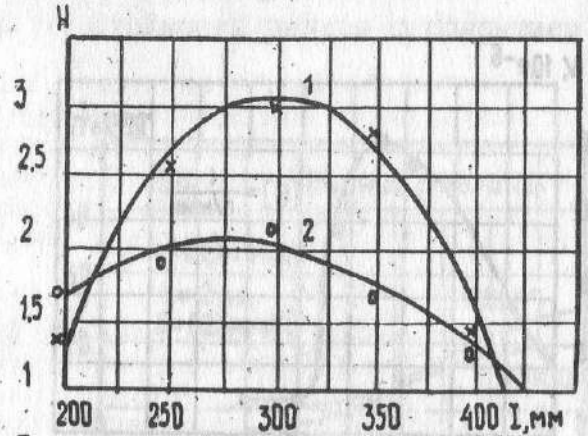
Стойкость



- 1 - КИБ ВК6 + TiN ;
- 2 - КИБ Т17К12 + TiN ;
- 3 - ГТ ТТ10К8Б + TiN ;
- 4 - КИБ ТТ10К8Б + TiN

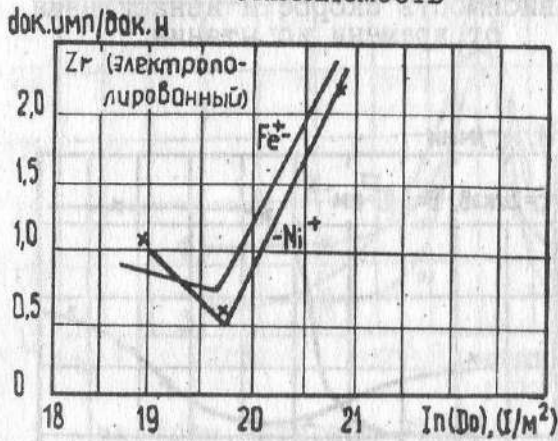
Рис. 1 б

Увеличение стойкости пластин с покрытием

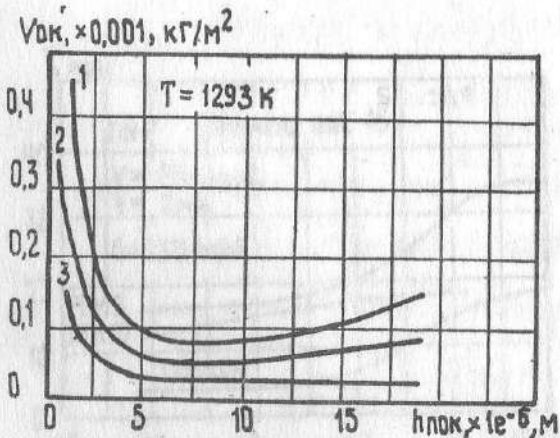


- 1 - инструм. материал Т15К10; продольн. точение, сталь 38ХС
V=150м/мин; S=0,31мм/об; t=1,0мм
- 2 - инструм. материал Р6М5; продольн. точение, сталь 45
V=50м/мин; S=0,34мм/об; t=1,0мм

Окисляемость

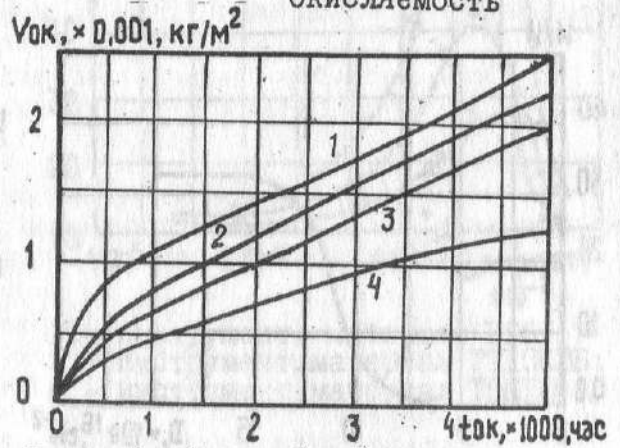


Окисляемость



- 1 - ВК6+TiN (КИБ);
- 2 - Т5К6+TiN (КИБ);
- 3 - Т5К6+TiC (ГТ)

Окисляемость



Сталь (25%Cr+25%Ni+1%Ti) Y+ (иттерий), окисление в атмосфере CO₂, t = 1073 К.

- 1 - нелигированный;
- 2 - легирование 0,41% Y ;
- 3 - легирование 0,13% Y ;
- 4 - имплантация Y, D = 3,5e19

Рис. 3

Окисляемость для случая облучения лазерных образцов обычно снижается, но лазерные покрытия могут повышать стойкость к окислению.

Некоторые полученные закономерности представлены на рис. 3. При переходе от одного покрытия к другому или от одной подложки к другой при прогнозировании качественных характеристик материалов с покрытиями следует учитывать режимы работы деталей в натуральных условиях, рабочие температуры, напряженное состояние и условия нагружения, условия нанесения покрытий и релаксацию свойств покрытий после их нанесения, адгезионные и когезионные характеристики покрытий, условия подготовки деталей под покрытие (промывка, ионная очистка и др.). Учет перечисленных факторов при прогнозировании осуществляется за счет введения соответствующих коэффициентов, количество которых определяется в зависимости от материалов покрытия и подложки.

Проведенные исследования позволяют рассмотреть два варианта прогнозирования качественных характеристик покрытий и поверхностных слоев:

1. В случае, когда действие факторов разнесено во времени и пространстве, можно получать качественные характеристики покрытий и поверхностных слоев комбинированной технологии суперпозицией соответствующих характеристик простых технологий с учетом соответствующего коэффициента взаимовлияния.

2. В случае, когда соответствующие технологии реализуются одновременно в комбинированной технологии, тогда выбираем преобладающую технологию и проводим расчеты для этой технологии при эффективных технологических параметрах, учитывая влияние других технологий.

Такой подход к прогнозированию свойств поверхностных слоев позволяет на научной основе выбирать технологические параметры установок, используемых в комбинированной технологии, которые обеспечивают требуемые, иногда даже противоречивые свойства деталей.

Имея такие зависимости можно находить реальные технологические параметры установок; обеспечивающие максимально возможные значения стойкости РИ, износостойкости материала и коррозионную стойкость.

Библиографический список

1. А.С.Верещка, И.П.Третьяков. Режущие инструменты с износостойкими покрытиями. Машиностроение. Москва, 1986, 190 с.
2. А.В.Диденко, И.Б.Куракин, А.Е.Лигачев. Воздействие пучков заряженных частиц на поверхность металлов и сплавов. Энергоатомиздат. Москва, 1987, 184 с.
3. В.С.Коваленко и др. Упрочнение деталей лучем лазера. Техніка. Киев, 1981, 130 с.
4. Г.И.Костюк и др. Стойкость режущего инструмента с покрытием, после имплантации, светолучевого и комбинированного воздействия. Авиационно-космическая техника и технология. Харьков. Труды ХАН, 1995, с. 27-38.
5. Г.И.Костюк. Перспективы повышения стойкости инструмента за счет нанесения покрытий, имплантации и комбинированного воздействия. Материалы второй Международной конференции "Новые технологии в машиностроении". Изд-во АИНУ, Харьков, 1993, с. 3-31.
6. Г.И.Костюк. Прогнозирование зависимости качественных характеристик поверхностных слоев от параметров технологических установок при ионно-плазменной и светолучевой обработке. Материалы второй Международной конференции "Новые технологии в машиностроении". Изд-во АИНУ, Харьков, 1993, с. 35-41.
7. Г.И.Костюк. Оценка стойкости инструмента при плазменно-ионной, светолучевой и комбинированной технологии упрочнения. Материалы второй Международной конференции "Новые технологии в машиностроении". Изд-во АИНУ, Харьков, 1993, с. 67-70.

8. Г.И.Костюк и др. Методика прогнозирования стойкости режущего инструмента при плазменно-ионной, светолучевой и комбинированной технологии упрочнения. Материалы третьей Международной конференции "Новые технологии в машиностроении". Изд-во АИТУ, Харьков, 1994, с. 38-48.
9. Г.И.Костюк. Стойкости режущего инструмента с покрытием, после имплантации и комбинированного воздействия. Материалы третьей Международной конференции "Новые технологии в машиностроении". Изд-во АИТУ, Харьков, 1994, с. 58-71.
10. Г.И.Костюк и др. Прогнозирование качественных характеристик инструментальных и конструкционных материалов после комбинированной обработки в зависимости от технологических параметров установок. Материалы пятой Международной конференции "Новые технологии в машиностроении". Изд-во АИТУ, Харьков, 1996, с. 3-27.