

собою суму синусоїдальних складових, отриманих при розкладі реального вихідного профілю в ряд Фур'є, що матиме вигляд:

$$Y_{BX}(z) = \frac{W_{\max_0}}{4} + \sum_{k=1}^n \frac{W_{\max_k}}{2} \sin\left(\frac{2\pi}{Smw_k} z + \gamma_k\right) \quad (32)$$

де, W_{\max_0} – максимальна висота хвилі для основної гармоніки; W_{\max_k} – максимальна висота хвилі для k -ї гармоніки; Smw_k – крок хвилі по середній лінії для k -ї гармоніки; γ_k – фаза k -ї гармоніки.

Технологічна сталість процесу обробки поверхневого вигладжування інструментом пружної дії – це його властивість безперервно по всій оброблюваній поверхні забезпечувати необхідний вектор \bar{R} параметрів якості поверхневого шару (включаючи експлуатаційні) в регламентованих межах ($\pm\delta\bar{R}$) із заданою надійністю $P(R_i \in (\bar{R}_i \pm \delta\bar{R}_i))$.

Теоретичний аналіз моделі процесу ППД дозволив отримати критерії технологічної сталості, які пов'язують допустиму швидкість обробки V з параметрами вихідної хвилястості поверхні W_{\max} , Smw , конструктивними особливостями інструменту ППД пружної дії m , c та допустимими відносними межами варіації сили обробки δ , β . Дана графічна інтерпретація отриманих критеріїв придатна для практичного застосування в умовах виробництва.

Встановлено, що з динамічної сталості процесу обробки ППД інструментом пружної дії не завжди однозначно настає його технологічна сталість.

За допомогою фізичного моделювання встановлено, що обробка ППД в умовах технологічної несталості процесу призводить до формування поверхні з нерівномірною шорсткістю та хвилястістю, висотні параметри яких у 5...7 разів перевищують вихідні.

Список використаних джерел: 1. Пановко Я. Г. Основы прикладной теории колебаний и удара. Изд. 3-е, доп. и переработ. - Л.: Машиностроение (Ленингр. отд-ние), 1976 - 320 с.; 2. Сулима А. М., Шулов В. А., Ягодкин Ю. Д. Поверхностный слой и эксплуатационные свойства деталей машин. - М: Машиностроение, 1988. -240 с. 3. Тимошенко С. П., Янг Д. Х., Уивер У. Колебания в инженерном деле. / Пер. с англ. Л. Г. Корнейчука; Под ред. Э. И., Григolioка. - М. Машиностроение, 1985.-472 с.; 4. Яблонский А. А., Норејко С. С. Курс теории колебаний - М.: Высш. шк., 1966.-256 с..

Поступила в редколлегию 28.04.2011

Bibliography (transliterated): 1. Panovko Ja. G. Osnovy prikladnoj teorii kolebanij i udara. Izd. 3-e, dop. i pererabot. - L.: Mashinostroenie (Leningr. otd-nie), 1976 - 320 s.; 2. Sulima A. M., Shulov V. A., Jagodkin Ju. D. Poverhnostnyj sloj i jekspluatacionnye svojstva detalej mashin. - M: Mashinostroenie, 1988. -240 s.; 3. Timoshenko S. P., Jang D. H., Uiver U. Kolebanija v inzhenernom dele. / Per. s angl. L. G. Kornejchuka; Pod red. Je. I., Grigoljuka. - M. Mashinostroenie, 1985.-472 s.; 4. Jablonskij A. A., Norejko S. S. Kurs teorii kolebanij - M.: Vyssh. shk., 1966.-256 s.

Е. В. Мироненко, д-р техн. наук,
В. В. Калиниченко, канд. техн. наук, Краматорск, Украина

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ИЗНАШИВАНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА, ПОДВЕРГНУТОГО УПРОЧНЯЮЩЕМУ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ

В статье представлены основные положения теоретической модели процесса изнашивания режущего инструмента, подвергнутого упрочняющему энергетическому воздействию. Положения модели подтверждаются результатами экспериментальных исследований влияния упрочняющей обработки импульсным магнитным полем на интенсивность изнашивания резцов с режущими пластинами из твердого сплава ТН20.

В статті представлені основні положення теоретичної моделі процесу зношування різального інструменту, підданого зміцнюючому енергетичному впливу. Положення моделі підтверджуються результатами експериментальних досліджень впливу зміцнюючої обробки імпульсним магнітним полем на інтенсивність зношування різців з різальними пластинами з твердого сплаву ТН20.

E. V. MIRONENKO, V. V. KALINICHENKO
HIGHLIGHTS OF THE THEORETICAL MODELS OF CUTTING TOOL WEAR SUBJECTED STRENGTHENING ENERGY IMPACT

Substantive provisions of theoretical model of the cutting tool wear process subjected to strengthening power influence are presented in the article. Positions model prove the results of experimental researches of influence of strengthening processing by a pulse magnetic field on the intensity of wear process of cutters with cutting plates of hard alloy TN20.

Постановка проблемы

Одним из основных направлений повышения работоспособности режущего инструмента является применение технологий упрочнения и нанесения износостойких покрытий, предусматривающих направленное изменение физико-механических свойств поверхности и поверхностного слоя инструмента, испытывающих наиболее интенсивное термомеханическое воздействие при резании. Комплексное исследование процесса резания упрочненным инструментом предопределяет актуальность разработки теоретических моделей основных физических процессов при резании, в первую очередь процесса изнашивания инструмента.

Анализ исследований и публикаций по рассматриваемой проблеме

Наиболее перспективным является применение методов упрочнения и нанесения износостойких покрытий для повышения работоспособности режущего инструмента, работающего в условиях чистовой и получистовой обработки, при которых доминирующим видом отказа инструмента является износ. Характеристики работоспособности инструмента в этом случае опре-

деляются интенсивностью изнашивания его рабочих поверхностей. Интенсивность изнашивания рабочих поверхностей упрочненного инструмента определяется как режимами резания, так и комплексом свойств тонкого поверхностного слоя инструмента, формируемых при упрочняющем энергетическом воздействии (УЭВ) и зависящих от технологических режимов упрочнения (режимов УЭВ).

Для адекватного описания процесса резания (ПР) упрочненным инструментом необходимо в рамках одной модели рассмотреть всю технологическую последовательность от формирования комплекса свойств рабочих поверхностей инструмента при УЭВ до потери инструментом работоспособности в результате изнашивания. Теоретические подходы к решению такой задачи представлены в работе [1]. В русле термодинамического подхода [1] упрочнение инструмента представляют как взаимодействие исходной структуры инструментального материала (ИМ) с УЭВ. В результате воздействия на исходную структуру ИМ комплекса активационных и диссипативных процессов формируется уровень упрочненно-устойчивого состояния материала поверхностного слоя инструмента. Изнашивание инструмента при этом рассматривается как термодинамический процесс, интенсивность которого зависит от внутренней энергии контактного объема ИМ. Значение внутренней энергии может быть повышено в результате УЭВ (как предварительного, так и возникающего непосредственно в процессе резания). Основным преимуществом такого подхода к описанию процесса изнашивания является универсальность, позволяющая выразить через энергетические характеристики ПР явления любой физической природы.

Результаты исследований влияния режимов резания и УЭВ на характеристики интенсивности изнашивания упрочненного режущего инструмента представлены в работах различных авторов, посвященных конкретным технологическим методам упрочнения инструмента. Например, для точения сталей твердосплавными резцами, подвергнутыми обработке импульсным магнитным полем (ОИМП), результаты исследования влияния режимов ОИМП и резания на интенсивность изнашивания инструмента приведены в предыдущих работах авторов статьи [2–4].

Обзор нерешенных частей проблемы

Для разработки теоретической модели процесса изнашивания при резании упрочненным инструментом необходимо установить систему связей между факторами, непосредственно определяющими интенсивность изнашивания инструмента при конкретном его физическом механизме, с одной стороны, и интенсивность потоков энергии, поступающей в инструмент при предварительном УЭВ и резании, с другой стороны.

Цель статьи – на основании установления системы связей факторов, определяющих интенсивность изнашивания инструмента и интенсивность потоков энергии, поступающей в инструмент при предварительном УЭВ и

резании, сформулировать основные положения теоретической модели процесса изнашивания режущего инструмента, подвергнутого УЭВ, при чистовой и получистовой обработке. Процесс изнашивания инструмента рассматривается в статье на примере изнашивания резцов с твердосплавными режущими пластинами, упрочненными технологическим методом ОИМП.

Основная часть

При постоянстве прочих входных параметров ПР правильный выбор режимов УЭВ и резания является условием эффективного снижения интенсивности изнашивания инструмента в результате упрочнения.

Зависимости наиболее показательных характеристик интенсивности изнашивания инструмента (линейной характеристики I_h изнашивания и относительного поверхностного износа $h_{онз}$ по задней поверхности) от режимов резания определяются особенностями физического механизма изнашивания. В соответствии с данными работ [5–7], при значениях скоростей V и температур Θ резания, меньших, чем оптимальные значения V_o и Θ_o , изнашивание инструмента обусловлено адгезионным взаимодействием ИМ и обрабатываемого материала (ОМ), при $V > V_o$ ($\Theta > \Theta_o$) – термоактивируемыми диффузионными процессами (температура Θ_o в данном случае соответствует характерной температуре $\Theta_{хар}$ в соответствии с терминологией работы [5]).

Величина I_h зависит от отношения прочности τ_{nm} на срез адгезионных связей при наличии пластических деформаций на контакте и микротвердости

H_μ поверхностного слоя ИМ по формуле: $I_h = A_1 \cdot \left(\frac{\tau_{nm}}{H_\mu} \right)^{B_1}$ [6], в которой

$A_1 > 0$ и $B_1 > 1$ – коэффициент и показатель степени, зависящие от марки ИМ и вида обработки. Величина τ_{nm} во всем диапазоне V определяется как $\tau_{nm} = \tau_0 + \beta \cdot q_N'$, где τ_0 – прочность на срез адгезионных связей при отсутствии нормальных напряжений на контакте, β – коэффициент упрочнения адгезионных связей, q_N' – нормальные напряжения на задней поверхности инструмента. Величина слагаемого $\beta \cdot q_N'$ в формуле для определения τ_{nm} будет зависеть от природы взаимодействия ИМ и ОМ в различных диапазонах температуры резания Θ и определяться по формулам: $\beta \cdot q_N' = \beta_{хар} \cdot A_r \cdot e^{-a_r \cdot \Theta}$ при $\Theta < \Theta_o$ и $\beta \cdot q_N' = D \cdot e^{-C \cdot \Theta}$ при $\Theta > \Theta_o$, где $\beta_{хар}$ – значение β при $\Theta = \Theta_{хар}$. Зависимости, определяющие I_h и $h_{онз}$ при резании в различных диапазонах значений V , систематизированы

в таблице 1, в которой $A_1 > 1$; $B_1 > 0$; $A_r > 1$; $a_r > 0$; $D = A \cdot A_r$, $C = B \cdot a_r$ – коэффициент и показатель степени, характеризующие интенсивность термоактивируемых процессов при диффузионном изнашивании, снижающих τ_{nn} , и зависящие от контактирующих ОМ и ИМ; A_{H_μ} , a_{H_μ} – коэффициент и показатель степени, зависящие от фазового состава ИМ; H_{μ_0} – значение H_μ в исходном состоянии (до УЭВ); K_{H_μ} – коэффициент повышения H_μ после УЭВ.

Снижение величин I_h и $h_{онз}$ при $A_1 > 0$ и $B_1 > 1$ возможно за счет снижения τ_{nn} и повышения H_μ . Повышение H_μ может быть достигнуто за счет предварительного УЭВ при упрочнении. Входные параметры ПР оказывают влияние на величины I_h и $h_{онз}$ через изменение температуры резания Θ . Возрастание Θ вызывает снижение как τ_{nn} , так и H_μ в соответствии с зависимостями таблицы 1.

Для определения связей интенсивности изнашивания инструмента с величиной энергетических потоков при резании выделим влияние энергетических потоков, вызывающих повышение H_μ на этапе упрочнения и снижение τ_{nn} и H_μ на этапе резания упрочненным инструментом.

Баланс энергетических потоков в зоне резания, согласно работе [1], описывается следующими уравнениями:

$$W = \Pi + Q; \quad (1)$$

$$\Pi = U + A; \quad (2)$$

$$U_2 = U_1 + U, \quad (3)$$

где W – суммарная величина энергии, поступающей в инструмент от всех энергетических источников; Q , Π – тепловая и нетепловая составляющие энергии; U – величина внутренней энергии, насыщающей контактный объем ИМ при резании; A – затраты энергии на работу диспергирования ИМ; U_1 – внутренняя энергия контактного объема ИМ до взаимодействия; U_2 – внутренняя энергия контактного объема ИМ к моменту диспергирования.

Связь интенсивности $\frac{dM}{dt}$ убыли массы инструмента при его изнашивании с энергетическими показателями ПР определяется полученными из общей логики уравнений (1–3) зависимостями [1]: $\frac{dM}{dt} = \frac{d}{dt}(\Pi - U)$ (для общего

случая) и $\frac{dM}{dt} = \frac{d\Pi}{dt} - \frac{dU}{dt}$ (для стадии нормального изнашивания), где M – сум-

марная масса частиц износа; $\frac{\partial A}{\partial M}$ – удельное значение работы диспергирования ИМ, затраченной на износ единицы его массы; $\frac{\partial U_2}{\partial M} = \frac{\partial U_1}{\partial M} + \frac{\partial U}{\partial M}$ – удельное содержание внутренней энергии контактного объема ИМ к моменту диспергирования.

Таблица 1 – Зависимости, определяющие интенсивность изнашивания инструмента при $V \langle V_o$ и $V \rangle V_o$ [4, 5, 7]

Скорость резания	$V \langle V_o$	$V \rangle V_o$
Температура резания	$\Theta \langle \Theta_{xap}$	$\Theta \rangle \Theta_{xap}$
Коэффициент упрочнения адгезионных связей	$\beta = \beta_{xap} = const$	$\beta = A \cdot e^{-B \cdot \Theta}$
Прочность на срез адгезионных связей при наличии пластических деформаций на контакте	$\tau_{nn} = \tau_0 + \beta_{xap} \cdot A_r \cdot e^{-a_r \cdot \Theta}$	$\tau_{nn} = \tau_0 + D \cdot e^{-C \cdot \Theta}$
Микротвердость поверхностного слоя твердого сплава	$H_\mu = H_{\mu_0} \cdot e^{-a_{H_\mu} \cdot \Theta}$	
Линейная характеристика изнашивания	$I_h = A_1 \cdot \left(\frac{\tau_0 + \beta_{xap} \cdot A_r \cdot e^{-a_r \cdot \Theta}}{H_{\mu_0} \cdot e^{-a_{H_\mu} \cdot \Theta}} \right)^{B_1}$	$I_h = A_1 \cdot \left(\frac{\tau_0 + D \cdot e^{-C \cdot \Theta}}{H_{\mu_0} \cdot e^{-a_{H_\mu} \cdot \Theta}} \right)^{B_1}$
Микротвердость поверхностного слоя твердого сплава после упрочняющего воздействия	$H_\mu = H_{\mu_0} \cdot K_{H_\mu} \cdot e^{-a_{H_\mu} \cdot \Theta}$	
Линейная характеристика изнашивания после упрочняющего воздействия	$I_h = A_1 \cdot \left(\frac{\tau_0 + \beta_{xap} \cdot A_r \cdot e^{-a_r \cdot \Theta}}{H_{\mu_0} \cdot K_{H_\mu} \cdot e^{-a_{H_\mu} \cdot \Theta}} \right)^{B_1}$	$I_h = A_1 \cdot \left(\frac{\tau_0 + D \cdot e^{-C \cdot \Theta}}{H_{\mu_0} \cdot K_{H_\mu} \cdot e^{-a_{H_\mu} \cdot \Theta}} \right)^{B_1}$
Относительный поверхностный износ реза по задней поверхности	$h_{онз} = \frac{10^8}{S} \cdot A_1 \cdot \left(\frac{\tau_0 + \beta_{xap} \cdot A_r \cdot e^{-a_r \cdot \Theta}}{H_{\mu_0} \cdot e^{-a_{H_\mu} \cdot \Theta}} \right)^{B_1}$	$h_{онз} = \frac{10^8}{S} \cdot A_1 \cdot \left(\frac{\tau_0 + D \cdot e^{-C \cdot \Theta}}{H_{\mu_0} \cdot e^{-a_{H_\mu} \cdot \Theta}} \right)^{B_1}$
Относительный поверхностный износ реза по задней поверхности после упрочняющего воздействия	$h_{онз} = \frac{10^8}{S} \cdot A_1 \cdot \left(\frac{\tau_0 + \beta_{xap} \cdot A_r \cdot e^{-a_r \cdot \Theta}}{H_{\mu_0} \cdot K_{H_\mu} \cdot e^{-a_{H_\mu} \cdot \Theta}} \right)^{B_1}$	$h_{онз} = \frac{10^8}{S} \cdot A_1 \cdot \left(\frac{\tau_0 + D \cdot e^{-C \cdot \Theta}}{H_{\mu_0} \cdot K_{H_\mu} \cdot e^{-a_{H_\mu} \cdot \Theta}} \right)^{B_1}$

Для снижения интенсивности изнашивания инструмента на этапе нормального изнашивания (для которого и определяются показатели I_h и $h_{онз}$),

необходимо обеспечить снижение $\frac{d\Pi}{dt}$ и повышение $\frac{\partial U_2}{\partial M}$. При этом поло-

жительная корреляция между $\frac{dM}{dt}$ и характеристиками I_h и $h_{онз}$ следует из физического смысла процесса изнашивания.

В соответствии с уравнением (1) $\frac{d\Pi}{dt} = \frac{d(W-Q)}{dt}$. Снижение $\frac{d\Pi}{dt}$ может достигаться за счет роста тепловой составляющей энергии Q , что при прочих равных условиях процесса резания вызывает повышение Θ .

Для инструментального материала, подвергнутого УЭВ, $\frac{\partial U_2}{\partial M} = \frac{G \cdot b^2 \cdot \rho \cdot (1 - \nu \cdot \cos^2 \alpha)}{4 \cdot \pi \cdot (1 - \nu) \cdot q} \cdot \ln\left(\frac{1}{b \cdot \sqrt{\rho}}\right)$ [1], где G – модуль упругости; b – параметр кристаллической решетки; ρ – плотность линейных дислокаций; ν – коэффициент Пуассона; α – угол между вектором Бюргерса и осью дислокации; q – плотность материала.

Из анализа зависимостей таблицы 1 следует, что снижение τ_{nn} происходит вследствие повышения Θ при постоянных β и τ_0 . Следовательно, снижение $\frac{d\Pi}{dt}$ обуславливает снижение τ_{nn} .

Повышение H_μ после предварительного УЭВ происходит вследствие воздействия на дефектную структуру ИМ, сопровождающегося повышением плотности дислокаций. При этом вследствие изменения $\frac{\partial U_2}{\partial M}$ формируется резерв повышенной микротвердости ИМ $\Delta H_{\mu_{yup}} = H_{\mu_{yup}} - H_{\mu_0}$, где $H_{\mu_{yup}}$ – значение H_μ после предварительного УЭВ.

Предварительное УЭВ повышает U_1 на величину ΔU_{yup} и уравнение (3) приобретает вид: $U_2 = U_1 + \Delta U_{yup} + U$ (насыщение контактного объема ИМ внутренней энергией на величину U происходит при приработке до стадии нормального изнашивания). Повышение ΔU_{yup} вследствие предварительного УЭВ высокой интенсивности при постоянных условиях резания может обусловить возрастание величины U_2 выше критического значения $U_{кр}$ и, как следствие, интенсификацию изнашивания переупрочненного ИМ вследствие активационных процессов развития пор и микротрещин, зародыши которых формируются еще на этапе предварительного УЭВ.

При резании резерв $\Delta H_{\mu_{yup}}$ уменьшается на величину ΔH_{μ_0} , что обусловлено ростом Θ за счет тепловой составляющей энергии Q . Осо-

бенно значительно уменьшение $\Delta H_{\mu_{yup}}$ при высоких значениях V , что объясняется интенсивным тепловыделением при резании. Для сохранения резерва микротвердости необходимо, чтобы $\Delta H_{\mu_{yup}} - \Delta H_{\mu_0} > 0$.

Результаты анализа энергетических процессов при резании представлены в схеме влияния режимов УЭВ и резания на интенсивность изнашивания инструмента (рисунок 1). В основе теоретической модели процесса изнашивания упрочненного инструмента при резании должны лежать три принципа снижения интенсивности изнашивания инструмента:

Принцип 1. Режимы УЭВ должны обеспечивать повышение плотности дислокаций в ИМ без интенсивного развития зародышей пор и микротрещин в материале, вызывающего снижение H_μ и повышение интенсивности изнашивания инструмента (неравенство $\Delta U_{yup} > U_{кр} - U_1 - U$);

Принцип 2. Соотношение характеристик энергетических потоков ΔU_{yup} и Q должно обеспечивать сохранение резерва повышенной микротвердости поверхностного слоя твердого сплава при реальной температуре резания (неравенство $\Delta H_{\mu_{yup}} > \Delta H_{\mu_0}$);

Принцип 3. В диапазоне скоростей резания $V \leq V_o$, соответствующем нормативным и оптимальным (с точки зрения минимума $h_{онз}$) режимам точения и адгезионному механизму изнашивания, Q и Θ должны оказывать более интенсивное снижающее влияние на τ_{nn} , чем на H_μ (неравенство $a_r > a_{H_\mu}$).

Положения модели подтверждаются результатами экспериментов при точении сталей 45, У8А, ХВГ резцами с режущими пластинами из твердого сплава ТН-20, подвергнутыми ОИМП. Точение производилось на токарно-винторезном станке модели 1К625Сп резцами по ТУ 2-035-892-82 с режущими пластинами формы 02114-080610 (ГОСТ 19048-80). Геометрия резцов: $\alpha = 10^\circ$, $\gamma = 10^\circ$, $\varphi = 90^\circ$, $\varphi' = 10^\circ$. Средняя исходная микротвердость поверхностного слоя пластин в партии: $\overline{H_{\mu_0}} = 1400$ МПа. Диапазон исследуемых режимов резания: скорость резания $V = 100-300$ м/мин, подача $S = 0,2-0,4$ мм/об, глубина резания $t = 1-2,5$ мм. Режимы ОИМП режущих пластин: напряженность поля $H = 0,2 \cdot 10^5 - 1,8 \cdot 10^5$ А/м, продолжительность обработки $t = 2$ мин, время выдержки после ОИМП $t_g = 28$ час, частота импульсов $f = 5$ Гц.

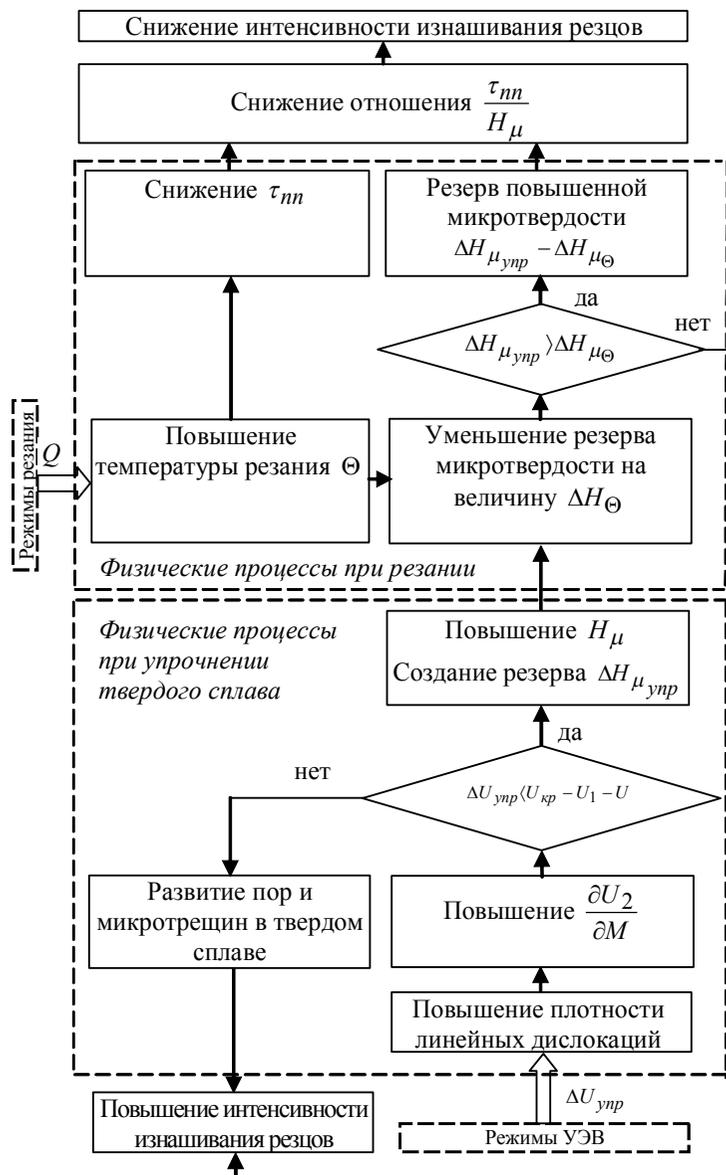


Рисунок 1 – Схема влияния режимов УЭВ и резания на интенсивность изнашивания упрочненного инструмента

Данные значения t , t_g и f обеспечивают максимум $K_{H_{\mu}}$. Микротвердость поверхностного слоя измерялась на приборе ПМТ-3. Плотность ρ ли-

нейных дислокаций в фазах твердого сплава определялась по истинной (физической) ширине линий (111) Ni и TiC на дифрактометре рентгенометрическом ДРОН-4-07. Величина $h_{онз}$ определялась по методике работы [8]. Результаты экспериментов по определению H_{μ} и $h_{онз}$ подвергались статистической обработке с расчетом доверительного интервала с вероятностью $P = 0,9$.

Результаты экспериментов, частично представленные в таблицах 2–5, свидетельствуют о снижении $h_{онз}$ в результате ОИМП режущих пластин, отмечаемом при точении всех рассматриваемых сталей во всем исследуемом диапазоне режимов резания и при всех значениях напряженности магнитного поля (кроме максимального значения $H = 1,8 \cdot 10^5$ А/м). Снижение интенсивности изнашивания инструмента происходит за счет повышения H_{μ} , обусловленного повышением плотности ρ линейных дислокаций в связующей и карбидной фазах в результате деформационного воздействия магнотрикции природы. Более высокие значения коэффициента $K_{h_{онз}}$ снижения относительного поверхностного износа резцов по задней поверхности и коэффициента $K_{H_{\mu}}$ повышения микротвердости поверхностного слоя твердого сплава, согласно данным таблицы 2, соответствуют режимам ОИМП, обеспечивающим большее повышение ρ и, соответственно, величины $\frac{\partial U_2}{\partial M}$. Наибольшее повышение ρ и максимумы $K_{h_{онз}}$ и $K_{H_{\mu}}$ отмечаются при $H = 1,1 \cdot 10^5$ А/м. При повышении H выше указанного значения, $K_{H_{\mu}}$ (как и величина повышения ρ), снижается,

Таблица 2 – Повышение плотности линейных дислокаций и микротвердости поверхностного слоя для пластин из твердого сплава ТН20 в результате ОИМП

Напряженность H поля, А/м	Повышение плотности ρ линейных дислокаций, раз		$K_{H_{\mu}}$
	в связующей фазе	в карбидной фазе	
$0,4 \cdot 10^5$	1,41	1,23	1,2
$0,8 \cdot 10^5$	1,45	1,28	1,22
$1,1 \cdot 10^5$	1,57	1,37	1,31
$1,4 \cdot 10^5$	1,39	1,25	1,2
$1,8 \cdot 10^5$	1,04	1,01	1,01

и при $H = 1,8 \cdot 10^5$ А/м значения ρ и H_{μ} практически не изменяются, а $h_{онз}$ либо практически не изменяется, либо повышается. В этом случае высокоинтенсивное УЭВ величиной $\Delta U_{упр}$ вызывает рост плотности пор и микротре-

щин, нивелирующий повышение ρ и приводящий к отсутствию повышения H_μ и снижения $h_{онз}$, что соответствует приведенному выше принципу 1 снижения интенсивности изнашивания инструмента.

Снижение $h_{онз}$ после ОИМП наблюдается при различных значениях V и S (таблица 3). В данном случае предварительное УЭВ обеспечивает существенное превосходство $\Delta H_{\mu_{зп}}$ над ΔH_{μ_0} во всем диапазоне режимов резания, что соответствует приведенному выше принципу 2 снижения интенсивности изнашивания инструмента.

Таблица 3 – Значения K_{H_μ} и $K_{h_{онз}}$ для резцов с режущими пластинами

из твердого сплава ТН20, подвергнутыми ОИМП с различной напряженностью поля

Напряженность H поля, А/м	K_{H_μ}	$K_{h_{онз}}$
Точение стали 45, $V = 160$ м/мин, $S = 0,2$ мм/об, $t = 1$ мм		
$0,4 \cdot 10^5$	1,2	1,26
$0,8 \cdot 10^5$	1,22	1,39
$1,1 \cdot 10^5$	1,31	1,7
$1,4 \cdot 10^5$	1,2	1,27
$1,8 \cdot 10^5$	1,01	0,85
Точение стали У8А, $V = 155$ м/мин, $S = 0,2$ мм/об, $t = 1$ мм		
$0,4 \cdot 10^5$	1,2	1,29
$0,8 \cdot 10^5$	1,22	1,43
$1,1 \cdot 10^5$	1,31	1,91
$1,4 \cdot 10^5$	1,2	1,31
$1,8 \cdot 10^5$	1,01	1,01
Точение стали ХВГ, $V = 145$ м/мин, $S = 0,2$ мм/об, $t = 1$ мм		
$0,4 \cdot 10^5$	1,2	1,29
$0,8 \cdot 10^5$	1,22	1,47
$1,1 \cdot 10^5$	1,31	2,19
$1,4 \cdot 10^5$	1,2	1,32
$1,8 \cdot 10^5$	1,01	0,93

Максимум $K_{h_{онз}}$ обеспечивается при оптимальных скоростях V_o резания для упрочненного инструмента (таблица 4); значения V_o для точения всех рассматриваемых сталей приведены в таблице 5. С ростом V в диапазоне $V \leq V_o$ значение $K_{h_{онз}}$ увеличивается до максимума при V_o , по достижении которого снижается. Это свидетельствует о более интенсивном снижающем влиянии Θ на $\tau_{ин}$, чем на H_μ , что соответствует приведенному выше принципу 3 снижения интенсивности изнашивания инструмента.

Таблица 4 – Показатели снижения $h_{онз}$ для режущих пластин из твердого сплава ТН20 в результате ОИМП с режимами, обеспечивающими наибольшее значение K_{H_μ}

Марка стали	S , мм/об	V_o , м/мин	$K_{h_{онз}}$
1	2	3	4
Сталь 45	0,2	120	1,72
		160	1,7
		190	1,97
		230	2,84
	0,4	120	1,39
		160	2,35
		190	1,97
		230	1,49
Сталь У8А	0,2	120	1,89
		155	1,91
		180	2,27
		220	2,88
Сталь У8А	0,4	120	1,25
		155	2,08
		180	1,93
		220	1,67
Сталь ХВГ	0,2	110	1,78
		125	1,96
		145	2,19
		165	2,31
	0,4	110	1,92
		125	2,29
		145	1,98
		165	1,80

Таблица 5 – Значения оптимальных скоростей резания V_o при точении сталей резцами с пластинами из твердого сплава ТН20, подвергнутыми ОИМП

Марка стали	Сталь 45		Сталь У8А		Сталь ХВГ	
Подача, мм/об	0,2	0,4	0,2	0,4	0,2	0,4
V_o , м/мин	230	160	220	155	165	125

Выводы

В работе сформулированы основные принципы снижения интенсивности изнашивания режущего инструмента, подвергнутого упрочнению. Эти принципы являются ключевыми для разработки теоретической модели процесса изнашивания режущего инструмента, подвергнутого упрочняющему энергетическому воздействию. Положения модели подтверждаются анализом результатов экспериментальных исследований влияния обработки им-

пульсним магнитним полем на інтенсивність изнашивания резцов с режущими пластинами из твердого сплава ТН20.

Список использованных источников: 1. Якубов, Ф. Я. Энергетические соотношения процесса механической обработки материалов / Ф. Я. Якубов – Ташкент: «Фан», 1985. – 104 с. 2. Калиниченко, В. В. Влияние обработки импульсным магнитным полем на стойкость инструмента и технологические характеристики деталей при чистовом точении стали ХВГ резцами с режущими пластинами из БВТС / В. В. Калиниченко // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Збірник наукових праць. – Краматорськ–Київ, вип. № 20, 2006. – С. 176–183. 3. Калиниченко, В. В. Уравнения оптимальной интенсивности изнашивания резцов с режущими пластинами из БВТС, подвергнутыми обработке импульсным магнитным полем / В. В. Калиниченко // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Збірник наукових праць. – Краматорськ–Київ, вип. № 22, 2007. – С. 142–147. 4. МIRONENKO E. V. Обоснование направлений снижения интенсивности изнашивания твердосплавного инструмента при чистовом точении сталей на основе термодинамического похода / E. V. MIRONENKO, V. V. KALINICHENKO // Сучасні технології в машинобудуванні: До ювілею Ф. Я. Якубова: Зб. наук. статей / Укладач А. І. Грабченко ; заг. ред. А. І. Грабченко. – Харків : НТУ «ХПІ», 2007. – С. 134–145. 5. Шустер, Л. Ш. Адгезионное взаимодействие режущего инструмента с обрабатываемым материалом. – М.: Машиностроение, 1988. – 96 с. – ISBN 5-217-00055-4. 6. ЗИНОВЬЕВ, Н. И. Влияние ОИМП на микротвердость поверхностного слоя и износ режущего инструмента из БВТС / Н. И. ЗИНОВЬЕВ, В. В. КАЛИНИЧЕНКО // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем: Збірник наукових праць. Вип. 10. – Краматорськ: ДДМА, 2000. – Вип. 10. – С. 117–122. 7. Калиниченко, В. В. Снижение интенсивности изнашивания резцов с режущими пластинами из безвольфрамовых твердых сплавов с помощью обработки импульсным магнитным полем / В. В. Калиниченко // Вісник двигунобудування: научно-технический журнал. – Запорожье, ОАО «Мотор Сич». – № 1(8), 2005. – С. 128–132. 8. Макаров, А. Д. Оптимизация процессов резания. – М.: Машиностроение, 1976. – 278 с.

Поступила в редколлегию 19.01. 2011 г.

Bibliography (transliterated): 1. Jakubov, F. Ja. Jenergeticheskie sootnoshenija processa mehanicheskoj obrabotki materialov / F. Ja. Jakubov – Tashkent: «Fan», 1985. – 104 s. 2. Kalinichenko, V. V. Vlijanie obrabotki impul'snym magnitnym polem na stojkost' instrumenta i tehnologicheskie harakteristiki detalej pri chistovom tochenii stali HVG rezcami s rezhuwimi plastinami iz BVTS / V. V. Kalinichenko // Nadijnist' instrumentu ta optimizacija tehnologichnih sistem. Zbirnik naukovih prac'. – Kramators'k–Kiïv, vip. № 20, 2006. – S. 176–183. 3. Kalinichenko, V. V. Uravnenija optimal'noj intensivnosti iznashivanja rezcov s rezhuwimi plastinami iz BVTS, podvergnutymi obrabotke impul'snym magnitnym polem / V. V. Kalinichenko // Nadijnist' instrumentu ta optimizacija tehnologichnih sistem. Zbirnik naukovih prac'. – Kramators'k–Kiïv, vip. № 22, 2007. – S. 142–147. 4. Mironenko E. V. Obosnovanie napravlenij snizhenija intensivnosti iznashivanja tverdosplavnogo instrumenta pri chistovom tochenii stalej na osnove termodinamicheskogo pohoda / E. V. Mironenko, V. V. Kalinichenko // Suchasni tehnologii v mashinobuduvanni: Do juvileju F. Ja. Jakubova: Zb. nauk. statej / Ukladach A. I. Grabchenko ; zag. red. A. I. Grabchenko. – Harkiv : NTU «HPI», 2007. – S. 134–145. 5. Shuster, L. Sh. Adgezionnoe vzaimodejstvie rezhuwego instrumenta s obrabatyvaemym materialom. – M.: Mashinostroenie, 1988. – 96 s. – ISBN 5-217-00055-4. 6. Zinov'ev, N. I. Vlijanie OIMP na mikrotverdost' poverhnostnogo sloja i iznos rezhuwego instrumenta iz BVTS / N. I. Zinov'ev, V. V. Kalinichenko // Nadijnist' instrumentu ta optimizacija tehnologichnih sistem: Zbirnik naukovih prac'. Vip. 10. – Kramators'k: DDMA, 2000. – Vip. 10. – S. 117–122. 7. Kalinichenko, V. V. Snizhenie intensivnosti iznashivanja rezcov s rezhuwimi plastinami iz bezvol'framovyh tverdyh spлавov s pomow'ju obrabotki impul'snym magnitnym polem / V. V. Kalinichenko // Visnik dvigunobuduvannja: nauchno-tehnicheskij zhurnal. – Zaporozh'e, ОАО «Motor Sich». – № 1(8), 2005. – S. 128–132. 8. Makarov, A. D. Optimizacija processov rezanija. – M.: Mashinostroenie, 1976. – 278 s.

UDK 621.9

V. Molnar, Miskolc, Hungary

THE EFFECT OF TOOL-WEAR ON CUTTING TEMPERATURE

V. МОЛНАР

ВПЛИВ ЗНОШУВАННЯ ІНСТРУМЕНТА НА ТЕМПЕРАТУРУ РІЗАННЯ

Точність виробництва відіграє важливу роль у сучасній промисловості. Не тільки провідні галузі світової промисловості, але й інші відповідають вимогам, які дозволяють компанії вийти на новий рівень прибутку, виробничих процесів й якісних показників виробництва виробів. Стаття представляє деякі результати експериментальної обробки, які подають інформацію про температуру й зношування інструментів, обмірювані в процесі обробки аустенітної корозійностійкої сталі. Результати порівнювались з результатами моделювання методом кінцевих елементів (FEM). Можна сказати, що вимір максимальної температури стружковідділення дозволяє прогнозувати зношування інструмента, за допомогою FEM можна одержати адекватне керівництво для обробки, у випадку точного планування моделі.

Ключові слова: зношування інструмента, температура різання, FEM

Точность производства играет важную роль в современной промышленности. Не только ведущие отрасли мировой промышленности, но и другие отвечают требованиям, которые позволяют компании выйти на новый уровень прибыли, производственных процессов и качественных показателей производства изделий. Статья представляет некоторые результаты экспериментальной обработки, которые дают информацию о температуре и износе инструментов, измеренные в процессе обработки аустенитной коррозионностойкой стали. Результаты сравнивались с результатами моделирования методом конечных элементов (FEM). Можно сказать, что измерение максимальной температуры стружкоотделения позволяет прогнозировать износ инструмента, с помощью FEM можно получить адекватное руководство для обработки, в случае точного планирования модели.

Ключевые слова: износ инструмента, температура резания, FEM

Precision manufacturing plays an important role in modern manufacturing. Not only leading industry branches of the world but any other meet the profit requirements that encourage companies to think over their manufacturing processes and quality indicators of the produced components. The paper introduces some results of a machining experiment which gave information about temperature and tool-wear measured during turning of austenitic corrosion resistant steel. The results were compared with the results of a finite element modeling (FEM). It can be stated that measuring maximum temperature of the leaving chip is able to predict tool-wear and FEM can give a usable guide to cutting phenomena in case of exact model planning.

Keywords: tool-wear, cutting temperature, FEM

INTRODUCTION

The increasing customer needs for higher quality enlarge the significance of precision machining. It is a relatively new area of machine industry and requires intensive experimental and practical investigation activity referring to technological parameters and circumstances, e.g. [1]. One part of the research activity of our department is the scope of precision machining and the applicability of our results in the industry. The monitoring of cutting processes predestinates the investigation on the major technological variables determining the shape and dimensional accuracy