

Ю.Г. Кравченко, С.Г. Пиньковский

ВЫБОР ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ ОПТИМИЗАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ТОЧЕНИЯ ЗАКАЛЕННОЙ СТАЛИ ПЛАСТИНАМИ ИЗ ПКНБ

Yu.G. Kravchenko, S.G. Pinkovskiy

CHOICE OF SPECIAL PURPOSE FUNCTION OF OPTIMIZATION MODEL OF TEMPERED STEEL TURNING PROCESS BY CUTTING TIPS MADE FROM PCNB

Выполнены соответствующие расчеты режимных и геометрических параметров точения закаленной стали режущими пластинами из поликристаллического кубического нитрида бора (ПКНБ) при различных целевых функциях оптимизационной модели, проанализирована эффективность этих функций и обосновано преимущество удельной технологической себестоимости обработки.

Ключевые слова: параметр, показатель, техническое ограничение, целевая функция, оптимизация, точение

Введение. Достоверность и точность нахождения оптимальных параметров процесса резания возрастают с увеличением многофакторности математической модели (ММ), адекватности технических ограничений (ТО) условиям обработки и, в наибольшей мере, зависят от разрешающей способности (эффективности) целевой функции (ЦФ), как критерия оптимальности совокупного показателя процесса. Современные методы оптимизации, вычислительная техника и программное обеспечение позволяют решать сложные оптимизационные задачи с различными ЦФ универсальным методом нелинейного программирования [1–4].

Цель работы – провести сравнительный анализ и установить эффективность различных ЦФ оптимизационной ММ на примере точения инструментальной стали режущими пластинами из поликристаллического кубического нитрида бора (ПКНБ).

Представителем обрабатываемого материала принята сталь 9ХС HRC₃ = 60. С учетом эксплуатацион-

ных свойств ПКНБ [5, 6], получистовое и чистовое точение выполнялось соответственно пластинами марок ниборит (напайными) и киборит (сменными). Условия проведения экспериментов приведены в работах [4, 6].

Исходные данные. Основу ММ оптимизации составляли полученные эмпирические зависимости показателей процесса точения П (касательной P_z , радиальной P_y и осевой P_x составляющих силы резания, температуры резания θ , периода стойкости лезвия T , вероятности неразрушения режущей кромки P_T и высотного параметра шероховатости обработанной поверхности Ra) от параметров режима резания (глубины t , подачи s и скорости v), геометрии лезвия (переднего угла γ , радиуса вершины r , величины износа по задней поверхности h) и твердости стали HRC₃ в удобном структурно-степенном виде со значениями коэффициента размерно-параметрической пропорциональности c_{II} и показателей степени x – q в табл. 1.

$$P \mid c_{II} t^x s^y v^z \left(\frac{R}{TM} 4 \frac{v}{90} \right)^f (12r)^e (12h)^u \left(\frac{HRC_3}{TM 50} \right)^q [K_{III}] \quad (1)$$

Базовым инструментальным материалом с $K_{III} = 1$ служил киборит, поправочные коэффициенты для ниборита по показателям T и P_T равны $K_{IT} = 0,75$ и $K_{IP} = 0,7$. Все необходимые данные для расчета ТО показателей (1) содержит табл. 2.

Область существования оптимизируемых режимных и геометрических параметров задается системой двухсторонних неравенств

$$x_i \min \Omega / t, s, v, r, h / \Omega x_i \max \quad (2)$$

с предельными значениями $t = 0,5$ – $0,8$ и $0,2$ – $0,5$ мм для получистового и чистового точения, $s = 0,1$ – $0,4$ мм/об,

$v = 0,5$ – $2,5$ м/с; $\gamma = (-30)$ – 0° ; $r = 0,8$ – $3,2$ и $0,8$ – $1,6$ мм для ниборита и киборита, $h = 0,2$ – $0,6$ мм.

Характеристика целевых функций. В качестве возможных критериев оптимальности ММ изучались восемь обобщенных показателей (ЦФ).

1. Производительность обработки (интенсивность съема металла)

$$Q = 60 \cdot t \cdot s \cdot v \rightarrow \max \quad (3)$$

при заранее установленных рациональных геометрических параметрах.

Таблиця 1

Значения коэффициента и показателей степени в (1)

Показатели процесса П	cП	x	y	z	η	v	u	q
Pz, Н	1390,8	0,85	0,67	-0,18	0,6	0,15	0,6	0,61
Pу, Н	915,8	0,87	0,64	-0,12	1,4	0,23	1,5	1,17
Px, Н	586,7	0,96	0,53	-0,13	1,2	-0,19	1,3	0,74
χ, °С [7]	893,4	0,1	0,21	0,33	0,4	-0,2	0,6	0,7
T, мин	22,17	-0,28	-0,67	-1,46	-0,75	0,11	α(h)*	-1,3
PT *, 0-1 [8]	8,972	0,1	0,7	0,2	-4,5	-0,4	p(h)*	2,5
Ra, мкм	15,05	0,14	1,1	-0,26	-0,1	-0,55	0,6	-0,3

Примечание: 1. $\tau(h) = h \cdot (1 + 15,8 \cdot h - 24 \cdot h^2 + 10,2 \cdot h^3)$;

2. $P_T = \exp[-c_{\Pi} \cdot t^x \dots p(h) \dots \left(\frac{HRC_3}{50}\right)^y]$; 3. $p(h) = h \cdot (1 - 3,44 \cdot h + 6,12 \cdot h^2 - 5,49 \cdot h^3 + 2,03 \cdot h^4)$.

Таблиця 2

Данные для расчета ТО
(числитель – для полочистового точения ниборитом, знаменатель – для чистового точения киборитом)

ТО показателей процесса	Расчетная формула [3, 4]	Численные данные
Мощность привода N_{Π}	$N = P_z \cdot v \leq 0,75 \cdot N_{\Pi} \cdot \eta$	$ N_{\Pi} = 10000$ Вт, к.п.д $\eta = 0,85$
Деформация (изгиб) державки стержневого реза f_{II}	$P_z \leq f_{II} \cdot \frac{3 \cdot [E_{II}] \cdot [J_{II}]}{10^6 \cdot [L_{II}]^3}$	$ f_{II} \mid \frac{0,02}{0,01}$ мм, модуль упругости стали $E_{II} = 200 \cdot 10^9$ Па, момент инерции сечения $J_{II} \mid \frac{B \cdot [H]^3}{12}$, (ВxH=25x25), длина вылета $L_{II} = 50$ мм.
Упругая деформация (прогиб) заготовки f_3 типа вала диаметром D	$P_y \leq f_3 \cdot \frac{\kappa_3 \cdot [E_{II}] \cdot [J_3]}{10^6 \cdot [L_3]^3}$	$ f_3 \mid \frac{0,04}{0,02}$ мм, коэффициент способа закрепления $\kappa_3 \mid 110$, $E_3 = 130 \cdot 10^9$ Па, $J_3 \mid 0,05 \cdot [D]^4$ ($D \mid 100$ мм), общая длина $L_3 \mid 1200$ мм
Допустимое усилие механизма подачи станка P_{MII}	$P_y \leq 0,75 \cdot P_{MII} $	$ P_{MII} = 7000$ Н
Температуростойкость режущего материала θ_T	$\theta \leq 0,9 \cdot \theta_T $	$ \theta_T \mid \frac{1100}{1300}$, °С
Нормативный период стойкости T_H	$T \geq T_H $	$ T_H \mid \frac{45}{60}$, мин
Вероятность неразрушения P_T	$P_T \geq P_T $	$ P_T \mid \frac{0,8}{0,85}$
Площадь поверхности заготовки $F_3 \mid \frac{\phi \cdot [D] \cdot [L] \cdot n_{\Pi}}{1000} = 3142$ см ²	$F_o = 600 \cdot s \cdot v \cdot T \cdot P_T > F_3 $	Длина обрабатываемой поверхности $L = 1000$ мм, число проходов $n_{\Pi} = 1$ за T , F_o – площадь обработанной поверхности, см ²
Параметр шероховатости Ra	$Ra \leq Ra $	$ Ra \mid \frac{5}{2,5}$, мкм

2. Временная наработка за период стойкости

$$T_P = T \cdot P_T \rightarrow \max. \quad (4)$$

3. Объемная наработка за период стойкости

$$WT = Q \cdot T_P \rightarrow \max. \quad (5)$$

4. Временной ресурс режущей пластины

$$R = T_P \cdot (1 + i) \cdot n_B \rightarrow \max \quad (6)$$

с числом вершин n_B и количеством заточек [6]

$$i \mid B \cdot \kappa_B \cdot \frac{\Psi_T / \kappa_P \cdot 4 \cdot 102 \cdot 1 \beta \zeta \cdot 2 \div}{\kappa_P \cdot \zeta \cdot 2 \div 0 \cdot \zeta \cdot 2 \div 0}, \quad (7)$$

где $i \mid \frac{h \cdot \zeta \cdot \zeta}{14 \cdot \text{tg} \nu \cdot \zeta \cdot \zeta}$ – величина износа лезвия в P_v и направлении P_v ; B , κ_B , κ_P , Δ – в табл. 3.

5. Объемный ресурс режущей пластины

$$W_R = Q \cdot R \rightarrow \max. \quad (8)$$

6. Удельная мощность резания

$$N_f \mid \frac{P_Z \int v}{t \int s} \downarrow \min. \quad (9)$$

7. Удельная работа резания

$$E_f \mid \frac{P_Z \int (v \int t)}{60 \int t \int s} \mid \frac{N_f \int t}{60} \downarrow \min. \quad (10)$$

8. Удельная технологическая себестоимость обработки [4, 9]

$$C_y \mid \frac{\left\{ \begin{matrix} \text{Р} \\ \text{С} \\ \text{ТМ} \end{matrix} \right\} 2 \kappa 2 \frac{v_C}{T_P} \left\{ \int \kappa_O \int c_M 2 \frac{И 2 3}{T_P} 2 N_C \int c_3 \right\}}{Q} \downarrow \min. \quad (11)$$

Формула (11) включает стоимость станкоминуты работы станка и рабочего

$$c_M \mid \frac{Ц_C \int a_C}{60 \int \Phi_T \int \kappa_{3C}} 2 \frac{З_P \int \kappa_H}{60 \int \Phi_M}. \quad (12)$$

Связанные с эксплуатацией РИ затраты состоят из приходящейся на один период стойкости стоимости пластин

$$И \mid \frac{Ц_H \int \kappa_Y}{(12 i) \int n_B} \quad (13)$$

и стоимости заточки

$$3 \mid \frac{\left\{ \begin{matrix} \text{Р} \\ \text{С} \\ \text{ТМ} \end{matrix} \right\} \int c_3 2 \frac{Ц_K}{i_K}}{n_B}. \quad (14)$$

Суммарная потребляемая мощность станка

$$N_C = N + N_{II} \cdot (1 + \varepsilon) \cdot (1 + \kappa_{II} - \eta) \quad (15)$$

учитывает затраты на резание $N = P_Z \cdot v$ и привод сопутствующих механизмов.

Наименования и значения составляющих C_y (11)-(15) приведены в табл. 3.

Таблица 3

Исходные данные для расчета себестоимости обработки (11)

Наименование и размерность элементов C_y	Значение	
	ниборит	киборит
Затраты времени на технологические переходы ε	0,15	
Время на смену и настройку инструмента, мин t_C	2	
Затраты времени на обслуживание станка κ_O	1,07	
Стоимость токарного станка $Ц_C$, у.д.е.	45000	
Норма амортизационных отчислений a_C	0,085	
Годовой фонд времени двухсменной работы Φ_T , час	4015	
Коэффициент загрузки станка κ_{3C}	0,85	
Месячная зарплата станочника $З_P$, у.д.е.	1000	
Коэффициент надбавки κ_H	1,2	
Месячный фонд рабочего времени Φ_M , час	164	
Стоимость станкоминуты обработки c_M (12), у.д.е./мин	0,141	
Цена режущей пластины $Ц_H$, у.д.е.	30	50
Коэффициент случайной убыли κ_Y	1,15	
Ширина пластины в направлении заточки B , мм	14	12,7/2
Коэффициент использования пластины κ_B	2/3	1/3
Коэффициент превышения глубины разрушения лезвия над величиной износа κ_P (7)	4	
Технологический припуск на заточку \pm , мм	0,1	
Число вершин пластины n_B	1	4
Штучное время на заточку, мин t_3	5	10
Стоимость заточного станка $Ц_3$, у.д.е.	10000	
Норма амортизационных отчислений a_3	0,1	
Месячная зарплата заточника $З_3$, у.д.е.	1000	
Стоимость станкоминуты заточки c_3 (12), у.д.е./мин	1000	
Цена заточного (алмазного) круга $Ц_K$, у.д.е.	0,127	
Число заточек одним кругом i_K	200	75
Стоимость заточки $З$ (14), у.д.е.	1,635	0,984
Затраты мощности на привод подачи и вспомогательных механизмов κ_{II}	0,2	
Стоимость электроэнергии c_3 , у.д.е./(Вт·мин)	3,33 \int 0-6	

Анализ полученных результатов. Результаты расчетов на ПЭВМ с использованием программного продукта MathCAD сведены в табл. 4.

Для ряда простых ЦФ (Q , T_p и R , N_f и E_f) заранее известна закономерность выбора значений параметров режима резания (максимальной или минимальной t , минимальной s для T_p или R , минимальной v для T_p , R , N_f). В общем, за исключением энергетических N_f и E_f , понятна тенденция выбора максимальных значений r и h . Но установить определенную тенденцию выбора значения γ довольно сложно для всех ЦФ. Конкретные оптимальные значения параметров, которые противоположно и в разной степени влияют на различные П, естественно зависят от их ТО. При заданных ТО для большинства ЦФ граничными П системы неравенств оказались T , P_T и Ra , а параметрами – t , r и h .

В таблице 5 приведены расчетные значения всех ЦФ при оптимальных параметрах процесса (табл. 4).

Полученные данные наглядно показывают, что каждая ЦФ (за исключением Q с максимумом после C_y) предопределяет решение ММ с результатом наиболее

экстремального значения критерия своего функционального назначения. Примерно равные значения между собой имеют попарно T_p и R , W_T и W_R , N_f и E_f .

Применение Q (поз. 1) в качестве ЦФ при отсутствии возможности оптимизации геометрических параметров, приводит к получению наибольшего значения Q после ЦФ с C_y при максимальной t , большой s и определенной v в зависимости от T .

ЦФ с временными T_p (поз. 2) и R (поз. 4) одной сущности логично выдают одинаковый, кроме по γ , результат: минимальное значение режима резания и максимальное значение геометрических параметров r и h для обеспечения максимально возможных T и P_T . Это при наименьшей Q и максимальных T_p и R влечет получение наибольшей C_y .

С объемными W_T (поз. 3) и W_R (поз. 5) в качестве ЦФ решение приводит к максимальной t и минимальной v при среднем значении C_y . В отличие от W_T при ЦФ с W_R результат решения из-за возможности учета количества заточек i оказывается более эффективным по γ .

Таблица 4

Значения параметров и показателей процесса точения стали 9ХС НРС₃ = 60 (числитель – получистовое точение наборитом, знаменатель – чистовое наборитом)

Режим резания			Геометрия лезвия			Показатель процесса						
t	s	v	$-\gamma$	r	h	P_Z	P_v	P_X	θ	T	P_T	Ra
мм	мм/об	м/с	град	мм	мм	Н	Н	Н	°С	мин		мкм
1. Производительность обработки Q ($\gamma = -15^\circ$; $r = \frac{2}{1,2}$ мм, $h = 0,4$ мм) (3)												
0,8	0,4	0,97				1108	1380	507	846	45	0,82	3,4
0,5	0,14	1,68				315	405	181	825	60	0,85	1
2. Временная наработка T_p (4)												
0,5	0,1	0,5	0	3,2	0,6	343	435	156	462	582	0,89	0,74
0,2			2,7	1,6		149	183	73	470	931	0,85	0,85
3. Объемная наработка W_T (5)												
0,8	0,4	0,5	14,4	3,2	0,6	1417	1956	612	688	180	0,85	3,6
0,5	0,24		18,5	1,6		646	891	342	680	354	0,85	2,5
4. Временной ресурс R (6), (7)												
0,5	0,1	0,5	4,8	3,2	0,6	354	468	167	472	560	0,91	0,74
0,2			14,6	1,6		161	217	85	493	850	0,91	0,83
5. Объемный ресурс W_R (8)												
0,8	0,4	0,5	30	3,2	0,6	1541	2377	723	727	162	0,91	3,5
0,5	0,24		1,6	691		1031	388	688	326	0,90	2,5	
6. Удельная мощность резания N_f (9)												
0,8	0,4	0,5	10,2	0,8	0,2	1025	988	471	675	45	0,80	4,8
0,5	0,28		15,6	1,6		593	615	247	567	88	0,85	2,5
7. Удельная работа резания E_f (10)												
0,8	0,4	0,51	10,3	0,8	0,2	1023	987	470	677	45	0,80	4,8
0,5	0,3	0,63	17,6	1,6		598	637	253	624	60	0,85	2,5
8. Удельная себестоимость обработки C_y (11)												
0,8	0,4	1,31	12,1	3,2	0,6	1176	1689	526	937	45	0,80	2,8
0,5	0,31	1,41	28,4	1,6		669	1044	380	1021	60	0,85	2,5

ЦФ в виде N_f (поз. 6) и E_f (поз. 7) подчинены получению минимальных энергозатрат при максимально возможном сечении среза $t \times s$ и наименьшей мощности резания, а для E_f и минимально возможном T . Обе ЦФ выдают наименьшие значения v , h и эффективны лишь по γ и r . По C_y они находятся на уровне ЦФ W_T и W_R .

Минимальная C_y (поз. 8) обеспечивается при максимальных Q , N_f и минимальных T_p , R показателях за счет максимально допустимых значений t , s , r , h и средних v , γ . Преимущество C_y над остальными ЦФ проявляется в том, что она помимо своей экономической направленности учитывает функциональное

стремление показателей Q (3), T_p (4) и N_c (15) в формуле C_v (11).

Из проведенного анализа следует, что решение ММ с ЦФ T_p и R приводит к получению наименьшей Q , наибольших T и P_T и, в результате, наибольшей C_v . Поэтому они однозначно не могут применяться в качестве ЦФ оптимизационных ММ. Также неприемлемо в качестве самостоятельных ЦФ применение W_T , W_R и N_f , E_f (низкая Q за счет v_{min} и высокая C_v).

В случае отсутствия необходимых технико-экономических данных для C_v , имеет смысл оптимизационный поиск проводить в два этапа: на первом –

решается ММ с ЦФ W_R и N_f , определяется среднее значение γ (по W_R и N_f), выбираются максимальные r (по W_R и N_f) и h (по W_R); на втором – применяется ЦФ с Q (при полученных геометрических параметрах) и определяются режимные параметры.

В принципе, эффективность ЦФ заключается в способности такого упорядоченного перебора массива вариантов решений, при котором для системы неравенств удовлетворяется наименьшая разность между значениями ТО и П процесса за счет учета степени влияния каждого параметра на экстремум ЦФ в процессе целенаправленного поиска допустимых значений оптимизируемых параметров.

Таблица 5

Значения исследуемых ЦФ оптимизационной ММ по исходным данным табл. 4

Целевая функция	Q	T_p	W_T	R	W_R	N_f	E_f	C_v
	см ³ /мин	мин	см ³	мин	см ³	Вт/мм ²	Дж/мм ²	у.д.е./см ³
Производительность обработки Q	18,6	36,9	685	2065	38350	3350	2513	0,014
	7	51	356	2789	19480	7676	7676	0,034
Временная наработка T_p	1,5	518	777	25050	37580	3434	33330	0,128
	0,6	791	475	36470	21880	3732	57915	0,317
Объемная наработка W_T	9,6	153	1466	7319	70260	2214	6657	0,021
	3,6	301	1092	14110	51200	2672	15770	0,054
Временный ресурс R	1,5	510	765	25160	37740	3544	33070	0,128
	0,6	774	464	37360	22415	4013	56870	0,317
Объемный ресурс W_R	9,6	36,7	1427	7567	72645	2407	6520	0,022
	3,7	74,9	1077	14385	52665	2829	15390	0,053
Удельная мощность резания N_f	9,6	36,7	352	2512	24120	1601	1223	0,027
	4,2	74,9	317	5002	21180	2102	3089	0,051
Удельная работа резания E_f	9,7	36	350	2466	23970	1618	1214	0,026
	5,6	51	287	3408	19170	2517	2517	0,041
Удельная себестоимость обработки C_v	25,1	36	904	1671	42000	4810	3608	0,011
	13,5	51	686	2418	32530	6134	6134	0,018

Заключение. Самой эффективной из исследованных ЦФ по производительности обработки Q и оптимальности геометрических параметров при собственном минимальном значении является удельная себестоимость обработки C_v . На втором месте по экономической эффективности (после C_v), при заранее установленной рациональной геометрии лезвия, находится производительность обработки Q . Только эти две ЦФ „реагируют“ на оптимизацию скорости резания v .

Общая тенденция обеспечения наименьшей удельной себестоимости обработки C_v проявляется в применении максимально допустимых глубины t , радиуса r и величины износа h , а в целом, с точки зрения показателей процесса – за счет максимально возможной производительности обработки Q и минимально возможных временных наработки T_p и ресурса R режущих пластин.

Геометрические параметры лезвия, особенно передний угол γ и величина допустимого износа h , наиболее достоверно определяются при комплексной (совместной) оптимизации режимных и геометрических параметров с удельной себестоимостью обработки C_v , в качестве ЦФ.

При невозможности (отсутствии необходимых исходных данных) применения удельной себестоимости

обработки C_v , рекомендуется сначала по результатам решения ММ с объемным ресурсом WR и удельной мощностью резания N_f в качестве ЦФ определить среднее значение γ и максимальные r и h , а затем, с применением простой ЦФ в виде производительности обработки Q – режим резания.

Важнейшим достоинством данной методологии оптимизации является её способность применять сложные по структуре (степенные, показательные, полиномиальные) многофакторные системы зависимостей показателей процесса от искомым параметров, технические ограничения показателей и нелинейную экономическую ЦФ, что способствует повышению точности ММ и достоверности расчетных данных.

Список литературы

1. Якобс Г.Ю., Якоб Э., Кохан Д. Оптимизация резания: Пер. с нем. – М.: Машиностроение, 1981. – 279 с.
2. Бейко И.В., Бублик Б.Н., Зинько П.Н. Методы и алгоритмы решения задач оптимизации. – Киев: Вища школа, 1983. – 512 с.
3. Кравченко Ю.Г., Пиньковский С.Г., Савченко Ю.В. Постановка задачи оптимизации параметров процесса резания металлов. – Резание и инструмент в техноло-

- гических системах: Междунар. научн.-техн. сб.- Харьков: НТУ „ХПИ“, 2005. – Вып. 68. – С. 273–275.
4. Кравченко Ю.Г., Параметрическая оптимизация условий точения закаленных сталей пластинами из ПКНБ. – Резание и инструмент в технологических системах: Междунар. научн.-техн. сб.- Харьков: НТУ „ХПИ“, 2009. – Вып. 77. – С. 107–113.
5. Инструменты из сверхтвердых материалов / Под ред. Н.В. Новикова. – К.: ИСМ НАНУ, 2001. – 528 с.
6. Кравченко Ю.Г., Савченко Ю.В. Надёжность режущих пластин из композитов при точении отбеленных чугунов. – Високи технології в машинобудуванні: 36. наук. праць НТУ „ХПИ“. – Харків, 2005. – Вип. 1 (10). – С. 99–104.
7. Кравченко Ю.Г., Гордеев А.В. Температурные зависимости процесса точения композитами высокотвердых сталей и чугунов. – Теплофизические и технологические аспекты управления качеством в машиностроении: Тр. всерос. с междунар. уч. научн.-техн. конф. – Вып.5. – Тольятти: ТГУ, 2005. – С. 112–114.
8. Кравченко Ю.Г. Вероятность неразрушения режущей кромки пластин из композитов. – Резание и инструмент в технологических системах: Междунар. научн. – техн. сб. – Харьков: НТУ „ХПИ“, 2007. – Вып. 73. – С. 118–123.
9. Кравченко Ю.Г., Савченко Ю.В. Расчёт удельной себестоимости обработки при точении. – Сб. научн.

тр. НГУ – Днепропетровск: Национальный горный университет, 2004. №19, т. 4. – С. 88–91.

Виконано відповідні розрахунки режимних та геометричних параметрів точіння загартованої сталі ріжучими пластинами з полікристалічного кубічного нітриду бору при різних цільових функціях оптимізаційної моделі, проаналізована ефективність цих функцій і обґрунтована перевага питомої технологічної собівартості обробки.

Ключові слова: параметр, показник, технічне обмеження, цільова функція, оптимізація, точіння

It is carried out the proper calculation of regime and geometrical parameters of tempered steel turning by cutting tips made from polycrystalline cubical nitride of boron with different special purpose functions of optimization model. Efficiency of these functions is analyzed and advantage of specific technological cost price of treatment is substantiated.

Keywords: parameter, index, technical restriction, purposeful function, optimum, turn

Рекомендовано до публікації д.т.н. Р.П. Дідиком 01.06.10

УДК 622.625.28

© Проців В.В., 2010

В.В. Проців

ВПЛИВ ЛОКАЛЬНИХ НЕРІВНОСТЕЙ КОЛІ НА ГАЛЬМУВАННЯ ПРИБРОЯМИ З ОБМЕЖЕНИМ ФРИКЦІЙНИМ МОМЕНТОМ НА КОЛЕСІ

V.V. Protsiv

INFLUENCE OF LOCAL BURRS OF RAILS ON BRAKING BY DEVICES WITH LIMITED FRICTION MOMENT ON WHEEL

Проведено теоретичне дослідження впливу коротких одиничних (локальних) нерівностей шахтної рейкової колії на шарнірно-зчленований локомотив у режимі гальмування пристроями, що реалізують гальмівну силу в точці контакту колеса з рейкою. Визначено умови блокування коліс гальмівним моментом при наїзді колеса на одиничні нерівності різних типів. Одиничні нерівності задано у вигляді сходинки рейкового стику, просідання кінців рейок на стику та локального прогину рейкової нитки під колесом.

Ключові слова: шахтний локомотив, гальма, рівняння Лагранжа, локальні нерівності колії

Вступ. Властивості фрикційної пари тертя колесо-рейка залежно від забрудненості рейкової колії визначаються коефіцієнтом зчеплення між колесом та рейкою та суттєво впливають на величину сил тяги і гальмування шахтного локомотива [1]. Із-за локально присутніх вугільного пилу, вологи й агресивного повітряного середовища, конструктори та експлуатаційники вимушені закладати в розрахунки мінімальну величину коефіцієнта зчеплення, оскільки під час екстремного гальмування складу навантажених вагонеток на найбільшому ухилі колії (до 50%) [2] коефіцієнт зчеп-

лення може виявитися дуже низьким (близько 0,08). Локальні одиничні нерівності [3] (східці та просідання кінців рейок на стиках і локальні прогини рейкових ниток), що наявні на реальній шахтній рейковій колії, обумовлені не лише низькою точністю укладання шахтної рейкової колії, але й періодичною рухливістю (спученням) підшви гірничих виробок, здатні спричинити зрив зчеплення колеса та рейки. Особливо важливо це при використанні важких шарнірно-зчленованих локомотивів, що мають значні можливості по тязі, проте не здатних забезпечити гарантовану