

КЕРУВАННЯ РЕСУРСОМ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ ПЛАСТИН ІЗ КУБІЧНОГО НІТРИДУ БОРУ ПРИ ОБРОБЦІ ДЕТАЛЕЙ ІЗ ВИСОКОМАРГАНЦЕВИХ СТАЛЕЙ**Кіяновський М. В., Цивінда Н. І.**

Проанализированы источники информационных признаков работоспособности инструмента, а также методы диагностической оценки процессов исследования зарождения дефектов режущей кромки, накопления повреждений, развитие явлений выкрашивания и достижения аварийных состояний. Обоснован выбор метода исследования контроля работоспособности инструмента в процессах обработки деталей горно-металлургического оборудования из высокомарганцевых сталей. Проведен комплексный анализ влияния стойкости резцов с пластинами из поликристаллических сверхтвердых материалов на основе кубического нитрида бора на вероятность завершения технологической операции. Определена вероятность безотказной работы резца.

Проаналізовані джерела інформаційних ознак працездатності інструменту, а також методи діагностичного оцінювання процесів дослідження зародження дефектів ріжучої кромки, накопичення пошкоджень, розвитку явищ викришування та досягнення аварійних станів. Обґрунтовано вибір методу дослідження контролю працездатності інструменту у процесах обробки деталей гірничо-металургійного обладнання із високомарганцевих сталей. Проведено комплексний аналіз впливу стійкості різців з пластинами з полікристалічних надтвердих матеріалів на основі кубічного нітриду бору на ймовірність завершення технологічної операції. Визначена ймовірність безвідмовної роботи різця.

Analyzes the sources of information attributes functionality of the instrument, as well as methods of diagnostic evaluation studies of nucleation processes of cutting edge defects, damage accumulation, the development of events and achievements chipping emergency conditions. The choice of research method performance monitoring tools during machining of mining and metallurgical equipment of high-manganese steels. Conducted a comprehensive analysis of the impact resistance of cutters with plates of polycrystalline superhard on Materials based on cubic boron nitride on the probability of complete manufacturing operation. The probability of failure-free operation tool.

Кияновский Н. В.

д-р техн. наук, проф. ГВУЗ «КНУ»

Цывинда Н. И.

канд. техн. наук, доц. ГВУЗ «КНУ»
civinda@mail.ru

ГВУЗ «КНУ» – Государственное высшее учебное заведение «Криворожский технический университет», г. Кривой Рог.

УДК 621.9.01

Кіяновський М. В., Цивінда Н. І.

КЕРУВАННЯ РЕСУРСОМ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ ПЛАСТИН ІЗ КУБІЧНОГО НІТРИДУ БОРУ ПРИ ОБРОБЦІ ДЕТАЛЕЙ ІЗ ВИСОКОМАРГАНЦЕВИХ СТАЛЕЙ

Високомарганцеві сталі, особливо сталь 110Г13Л, є основним конструкційним матеріалом для виготовлення броней конусних дробарок через високі експлуатаційні (ресурсні) властивості у силових, надзвичайно динамічних процесах взаємодії з надміцною високоабразивною сировиною.

Сталь 110Г13Л має наступний хімічний склад: 0,9–1,4 % С; 11,5–15 % Мп; 0,3–1,0 % Si; S ≤ 0,05 %; P ≤ 0,12 %. При даному співвідношенню вуглецю і марганцю в сталі забезпечуються аустенітний склад, що має унікальне сполучення підвищеної зносостійкості і схильності до міцності при деформації з високою пластичністю і ударною в'язкістю [1].

Висока міцність, зносостійкість пояснюється збереженням ефектом опору кристалічної решітки (наклепування) від дії попередніх силових контактних впливів на поверхню матеріалу (процеси механічної обробки, робочі процеси в технологічних машинах). Проте позитивні з боку експлуатації властивості матеріалу складають великі труднощі для вибору методу та інструментального забезпечення процесів механічної обробки заготовок із високомарганцевих сталей, і в першу чергу токарної, як на машинобудівних заводах, так і на ремонтних підприємствах і в цехах комбінатів гірничо-металургійного комплексу [2].

На сьогоднішній день високомарганцеву сталь оброблюють різцями, що мають пластини твердих сплавів Т15К6, Т5К10, ВК4, ВК6, ВК8 та мінералокерамічними пластинами ЦМ-332 з дуже малою продуктивністю.

Існує багато фірм, які пропонують свої новітні розробки в області обробки матеріалів різанням важкооброблюємих матеріалів, такі як, наприклад компанії Mitsubishi, Sandvik Coromant, Tungaloy, Korloy Widia, Dijet та ін. Це змінні багатогранні пластини з твердого сплаву (з покриттями та без покриттів), кермети, композиційні надтверді матеріали на основі синтетичного алмазу та кубічного нітриду бору (КНБ), високоміцні тверді сплави.

Особливий інтерес для машинобудування представляють інструменти, оснащені полікристалічними надтвердими матеріалами (ПНТМ) на основі кубічного нітриду бора (КНБ), які дозволяють достатньо ефективно вести обробку високомарганцевих сталей. Дослідження багатьох вчених і спеціалістів показали, що обробка високомарганцевих сталей найбільш продуктивно і якісно виконується саме такими інструментами. За прогнозами фахівців в промисловості розвинених країн світу буде спостерігатись щорічне збільшення споживання алмазів 7–8 % , а КНБ – до 15 %.

Однак в залежності від марки ПНТМ (киборит; ельбор-Р-композит 01; белбор-композит 02; гексаніт Р-композит 10; томал-10; КВ 320, КВ 360-Korloy; МВ 835, МВ 730-Mitsubishi) області їх застосування, режими обробки і працездатність дещо відрізняються [3].

Після аналізу умов обробки сталі 110Г13Л, що включає в себе чорнову обробку з нерівностями, залишками прибутків, пісок, раковини, нагар, були рекомендовані пластини «Киборит», як найбільш ефективні.

Теоретично стійкість різця на основі КНБ при обробці броні може досягати 60–150 хв., в залежності від швидкості різання, що у 2–3 рази перевищує стійкість твердосплавного інструменту. Але, як правило, при обробці цих матеріалів такий результат не досягається через відмови різального інструменту, через крихке руйнування його лез [4]. Сказане повною мірою відноситься до сталі 110Г13Л.

Такий результат отримано при дослідженні процесів механічної обробки деталей з високомарганцевих сталей найбільш масового виробу – броней конусних дробарок, які виконувались на токарно-карусельних верстатах в умовах ПрАТ Криворізького заводу гірничого обладнання (рис. 1).



Рис. 1. Обробка броні (сталь 110Г13Л) конічної дробарки на токарно-карусельних верстатах за допомогою різців, оснащених пластинами КНБ

Технологія обробки передбачає механічну обробку (рис. 1) інструментальними матеріалами із КНБ у формі змінних пластин із механічним кріпленням (геометрична форма – круга пластина діаметром 19, 22 мм, $h = 7,94$ мм) при наступних технологічних параметрах: $n = 350$ об/хв, $S = 0,25$ мм/об, $t = 1$ мм.

Результати виробничих досліджень показують, що значна кількість дефектів заготовки, дефектів інструментального матеріалу, дефектів кріплення, похибок налаштування інструментальної системи, технічного стану верстату приводять до суттєвого зниження стійкості інструменту, через те, що він є надзвичайно чутливим до режиму динамічних навантажень у процесі обробки.

Метою проведених науково-дослідних робіт є усунення впливу дефектів на стійкість інструменту у процесі обробки шляхом впровадження діагностичного контролю працездатності інструменту.

Опираючись на отримані результати поставлена задача запобігти процесам прискореного пошкодження інструментальних пластин і збільшення їх ресурсу шляхом впровадження методу і технологій діагностичного контролю працездатності інструменту при обробці деталей дробарок із високомарганцевих сталей, де збільшення стійкості інструментальних пластин досягається за рахунок:

1 – впровадження методу резонансної амплітудно-частотної характеристики власних коливань ріжучої пластини, як найбільш чутливого для оцінки діагностичних реакцій процесів обробки, які викликаються експлуатаційними змінами технічного стану (накопиченням експлуатаційних пошкоджень) інструменту на основі використання пластин із КНБ в діапазонах режимів обробки;


2 – впровадження методу мінімального ризику для вибору критерію граничного стану інструментальної пластини $x(t)$ в задачах розпізнавання її технічних станів при здійсненні процесів обробки;

3 – впровадження класифікації технічних станів інструментальних пластин: 1 – нова пластина; 2 – початок розвитку пошкоджень, при якому можливо запобігти прискореному або критичному руйнуванню пластини, шляхом вилучення дефектів та відновлення геометрії та ріжучих властивостей; 3 – критичне руйнування пластини (табл. 1).

Спектральна ідентифікація ступеню впливу факторів ВПД у процесах діагностичного моніторингу дозволяє виконувати оперативне профілактичне втручання в процес обробки, зміст якого є адекватним стану заготовки, правильності рішень у виборі технологічних параметрів, технічного стану верстату, технічного стану інструментальної системи.

Таблиця 1

Класифікація технічних станів пластини

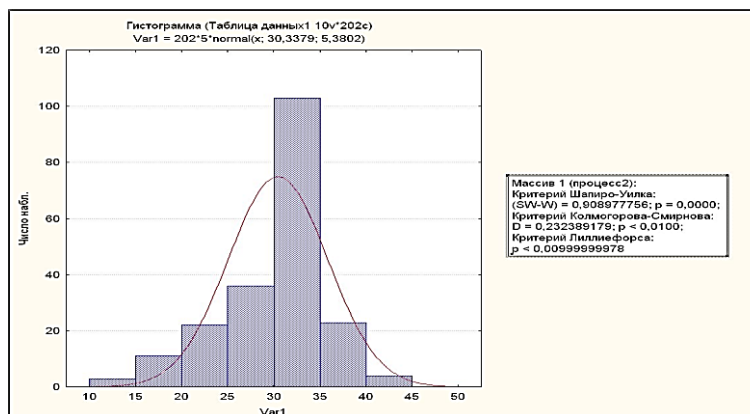
1 (нова)	2 (первинні руйнування)	3 (граничні руйнування)
		
Впровадження ресурсно-коригуючих технологій відновлення ріжучих властивостей шляхом механічного видалення початкових дефектів після їх діагностичного виявлення		
1	2 (вилучення дефектів та відновлення геометрії та ріжучих властивостей)	3
		

Ресурсно-коригуюча технологія є комплексним засобом відновлення ріжучих властивостей інструментальних пластин шляхом: коригування технологічних параметрів обробки в залежності від наявності дефектів заготовки; коригування технологічних параметрів обробки в залежності від технічного стану верстату; своєчасне виявлення дефектів інструментального матеріалу; своєчасне виявлення і усунення дефектів кріплення; своєчасне виявлення і усунення похибок налаштування інструментальної системи; механічного видалення початкових дефектів після їх діагностичного виявлення.

Для вилучення початкових руйнувань ріжучої кромки досліджена технологія механічного видалення початкових дефектів після їх діагностичного виявлення шляхом алмазно-механічної обробки. Технологія апробована в умовах ручної обробки пластини.

Ефективність комплексної ресурсно-коригуючої технології досліджена на значному обсязі статистичних досліджень, які охоплюють майже 300 процесів обробки броней конічних дробарок з використанням інструментальних матеріалів із КНБ.

При впровадженні діагностичного контролю працездатності інструменту досліджена ефективність ресурсно-коригуючої технології підвищення стійкості інструменту, що підтверджено на підставі наступних статистичних досліджень (рис. 2).




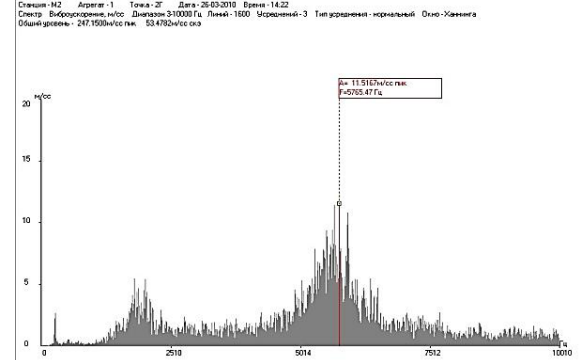
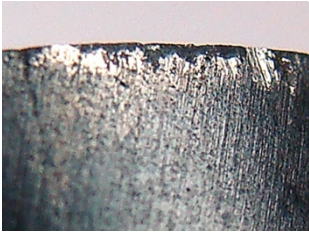
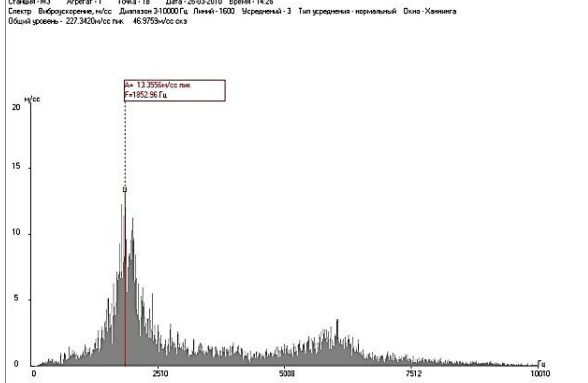
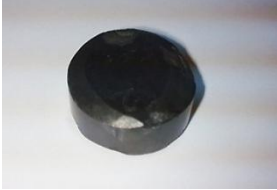
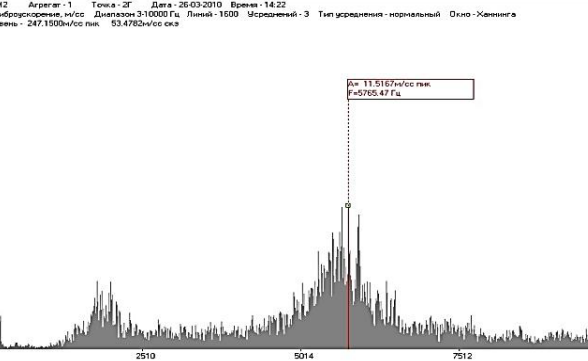

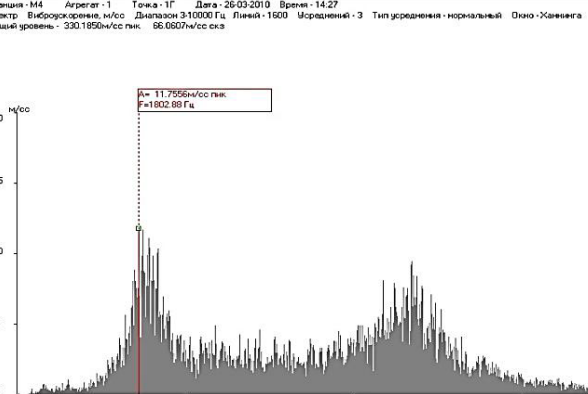
Описательные статистики (Таблица данных1)														
Переменная	N набл.	Среднее	Геометр. Среднее	Гармонич. Среднее	Медиана	Сумма	Минимум	Максимум	Нижняя Квартиль	Верняя Квартиль	Дисперс.	Стд.откл.	Станд. Ошибка	Асимметрия
Var1	202	30,33787	29,77395	29,09122	31,00000	6128,250	13,30000	44,00000	30,00000	33,00000	28,94693	5,380235	0,378552	-0,913384
														0,171084
														1,195559
														0,340544

Рис. 2. Гістограма масиву та нормальний імовірнісний графік масиву

Перевірка інформативності діагностичних методів контролю працездатності інструменту в виробничих умовах (табл. 2).

Таблиця 2

Визначення залежності параметрів механічних коливань, що виникають в процесі обробки, від стану та зносу ріжучої кромки інструменту в виробничих умовах

№	Стан пластини	Спектральна ідентифікація динамічних реакцій інструментальної системи
1	<p>Нова пластина КНБ: $n = 350$ об/хв; $S = 0,25$ мм/об; $t = 1$ мм</p> 	 <p>Станція - M2 Агрегат - 1 Точка - 2Г Дата - 26-03-2010 Времі - 14:22 Спектр Виброшоршень, м/с² Діапазон 3-10000 Гц Ліній - 1600 Усреднений - 3 Тип усреднения - нормальный Окно - Хеммінга Общий уровень - 247.1900 м/с² rms 53.4782 м/с² rms</p>
2	<p>Пластина КНБ з початковим викришуванням: $n = 350$ об/хв; $S = 0,25$ мм/об; $t = 1$ мм</p> 	 <p>Станція - M3 Агрегат - 1 Точка - 18 Дата - 26-03-2010 Времі - 14:26 Спектр Виброшоршень, м/с² Діапазон 3-10000 Гц Ліній - 1600 Усреднений - 3 Тип усреднения - нормальный Окно - Хеммінга Общий уровень - 227.3420 м/с² rms 46.3795 м/с² rms</p>
3	<p>Відновлена пластина КНБ: $n = 350$ об/хв; $S = 0,25$ мм/об; $t = 1$ мм</p> 	 <p>Станція - M2 Агрегат - 1 Точка - 2Г Дата - 26-03-2010 Времі - 14:22 Спектр Виброшоршень, м/с² Діапазон 3-10000 Гц Ліній - 1600 Усреднений - 3 Тип усреднения - нормальный Окно - Хеммінга Общий уровень - 247.1900 м/с² rms 53.4782 м/с² rms</p>
4	<p>Пластина КНБ розруйнована (III стан): $n = 350$ об/хв; $S = 0,25$ мм/об; $t = 1$ мм</p> 	 <p>Станція - M4 Агрегат - 1 Точка - 1Г Дата - 26-03-2010 Времі - 14:27 Спектр Виброшоршень, м/с² Діапазон 3-10000 Гц Ліній - 1600 Усреднений - 3 Тип усреднения - нормальный Окно - Хеммінга Общий уровень - 330.1950 м/с² rms 66.0307 м/с² rms</p>

При цьому вдається прогнозувати значення ймовірності завершення процесу обробки деталей на основі наступних моделей стійкості інструменту $P(t > T) = \int_0^T f(t)dt$, при умові, що установлена функція щільності ймовірності значень напрацювання до граничного стану пластин $f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(t-T_{сер})^2}{2\sigma^2}}$, а параметри розподілу: $T_{сер}$, σ встановлені в попередніх дослідженнях (рис. 3).

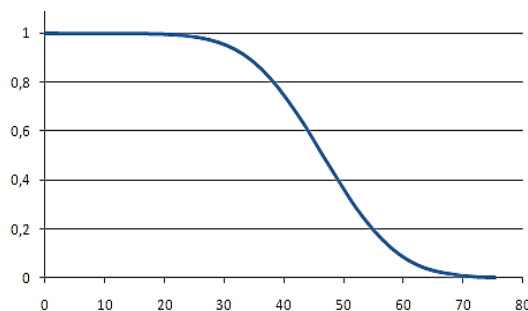


Рис. 3. Графік функції ймовірності безвідмовної роботи інструменту з пластинами із ПНТМ на основі КНБ при обробці броней конічних дробарок

ВИСНОВКИ

Результати виробничих досліджень показують, що значна кількість дефектів заготовки, дефектів інструментального матеріалу, дефектів кріплення, похибок налаштування інструментальної системи, технічного стану верстату приводять до суттєвого зниження стійкості інструменту, через те, що він є надзвичайно чутливим до режиму динамічних навантажень у процесі обробки.

При впровадженні методу і технологій діагностичного контролю працездатності інструменту при обробці деталей дробарок із високомарганцевих сталей вирішена додаткова задача запобігання процесам прискореного пошкодження інструментальних пластин і збільшення їх ресурсу.

Впроваджена ресурсно-коригуюча технологія відновлення ріжучих властивостей інструментальних пластин шляхом механічного видалення початкових дефектів після їх діагностичного виявлення, коригування технологічних параметрів обробки в залежності від наявності дефектів заготовки, технічного стану верстату, дефектів інструментального матеріалу, усунення дефектів кріплення, похибок налаштування інструментальної системи.

Впровадження діагностичного контролю працездатності інструменту у сполученні із комплексною технологією ресурсно-коригуючого відновлення ріжучих властивостей інструментальних пластин із КНБ дозволяє збільшити ресурс пластин в середньому у чотири рази.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Житнов С. В. *Высокомарганцевые стали* / С. В. Житнов, Н. Г. Давыдов, С. Г. Братчиков. – М. : Металургия, 1995. – 302 с.
2. Бетанели А. И. *Прочность и надежность режущего инструмента* / А. И. Бетанели. – Тбилиси : Сабчота Сакартвело, 1973. – 302 с.
3. *Сверхтвердые материалы. Получение и применение : в 6 т.* / [под. общ. ред. Н. В. Новикова]. – Т. 5. *Обработка материалов лезвийным инструментом* / С. А. Клименко, А. А. Виноградов, Ю. А. Муковоз [и др.]. – Киев : ИСМ им. Бакуля ; ИПЦ «Алкон» НАНУ, 2006. – 316 с.
4. Палей С. М. *Состояние и тенденция развития способов прогнозирования периода стойкости лезвийного режущего инструмента* / С. М. Палей. – Обзор. информ. Сер. Инструментальная и абразивно алмазная промышленность. – М. : ВНИИТЭМР, 1985. – 44 с.