**Пилипенко Олександр Михайлович. Науково-технічні основи підвищення ефективності механічної обробки газотермічних покриттів: дис... д-ра техн. наук: 05.03.01 / НАН України; Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М.Бакуля. - К., 2004**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | **Пилипенко О.М.** Науково-технічні основи підвищення ефективності вібромеханічної обробки газотермічних покриттів.  Автореферат дисертації на здобуття вченого ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.03.01 – процеси механічної обробки, верстати та інструменти. – Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України, Київ, 2004.  Розроблені наукові основи вібромеханічної обробки газотермічних покриттів лезовим і абразивним інструментом з звичайних і надтвердих інструментальних матеріалів, які включають: особливості механічної і акустичної взаємодії елементів системи „інструмент-покриття-основа” при обробці різанням; термосилові закономірності лезової і абразивної обробки гетерогенних композиційних матеріалів напилених покриттів лезовим інструментом з кубічного нітриду бору і абразивним інструментом з штучних алмазів; особливості стабілізації початкового рівня пошкоджуваності покриттів, або загального його зниження за рахунок дислокаційного поглинання енергії високочастотних коливань; особливості розвантаження межі розподілу „покриття-основа” від хаотичних імпульсних сил різання; методологію знеміцнення покриття та інтенсифікації його різання шляхом введення в зону контакту акустичної енергії, еквівалентної за характером дії тепловій енергії; комплексну оцінку параметрів якості поверхневого шару під впливом механічного і акустичного факторів з аналітичною оцінкою демпфіруючого впливу гармонійних високочастотних коливань на шорсткість опорних площинок профілю; прогнозування і оцінку експлуатаційної надійності відновлених або зміцнених деталей на основі показників стану поверхневого шару покриттів після вібромеханічної обробки та структурного модуля трибопошкодження.  Розроблені рекомендації з вибору режимів різання і вібрацій лезової та абразивної вібромеханічної обробки газотермічних покриттів, конструкції верстатних пристроїв, магнітострикційних приводів і інструментів. | |
| |  | | --- | | В результаті виконання експериментально-теоретичних досліджень вирішена важлива науково-технічна проблема народно-господарського значення, що полягає в комплексному керуванні процесами механічної і акустичної взаємодії в елементах системи „інструмент-покриття-основа”, яке дає змогу зменшити загальні енергетичні витрати на стружкоутворення при лезовій і абразивній обробці, знизити рівень внутрішніх залишкових напружень покриттів, усунути автоколивання різального інструмента і забезпечити термосилове розвантаження перехідної зони „покриття-основа”, що було неможливим при традиційних методах обробки.  У роботі одержані такі найбільш істотні теоретичні і практичні результати:  1. Головний методологічний підхід роботи базується на розгляді об’єкта досліджень як гетерогенної композиції, послабленої перехідною зоною, а процесу різання – як процесу комбінованої дії на покриття механічної та акустичної енергії, що здійснює його руйнацію з мінімальними енергетичними витратами і знижує внутрішню напруженість до безпечного рівня. В рамках такого підходу запропоновано зменшувати похибку настроювання технологічної системи шляхом стабілізації положення різального леза інструмента і використання пружних властивостей покриття – як окремого елемента технологічної системи.  2. Розроблені фізичні та імітаційні моделі контактної взаємодії інструмента і покриття з перехідною зоною в умовах вимушених високочастотних коливань, які розкривають сутність зниження сил різання, тертя і формування мікропрофілю поверхні. Періодичний поворот векторів сил тертя на передній і задній поверхнях інструмента при тангенціальних та радіальних вимушених високочастотних коливаннях пришвидшує рух стружки і знижує початково високий коефіцієнт тертя між покриттям та інструментом. Вперше встановлено, що зниження сил різання покриттів є можливим при такій орієнтації напрямку високочастотних коливань, коли площина зсуву збігається із розташуванням міжчастинкової зони і коли амплітуда коливань є співмірною з розміром напилюваних частинок (Держпатенти України № 37532А від 15.05.2001 і № 42166А від 15.10.2001).  3. Обґрунтований метод підвищення динамічної жорсткості перехідної зони за рахунок примусових коливань інструмента або заготовки. При здійсненні таких коливань в процесі обробки динамічна компонента невпорядкованих рухів відтиснення заготовки і регенеративний ефект автоколивального „розгойдування” технологічної системи суттєво зменшуються, а динамічна жорсткість підвищується внаслідок демпфірування і часткової нейтралізації автоколивань.  4. Виявлено закономірності зниження адгезійної міцності ГТП внаслідок дії при різанні збурюючих факторів різної фізичної природи. Розроблено новий метод гальмування розвитку технологічноспадкоємних мікротріщин на цій межі розподілу „покриття-основа” та їх часткове „заліковування” шляхом вибору високочастотної частоти примусових коливань, співмірної з фактичною товщиною покриття, і відповідної нейтралізації невпорядкованих коливань інструмента (Держпатент України №39368А від 15.06.2001).  5. В результаті вібромеханічного різання ГТП встановлено закономірний взаємозв’язок між феноменологічною і дислокаційною моделями втомного руйнування межі розподілу „покриття-основа” з активним проявом ефекту Блага-Лангеннекера, що підвищує пластичність матеріалу навколо макротріщини-пори, стабілізує залишкову напруженість і сприяє „заліковуванню” мікротріщин. Експериментально отримані кінетичні діаграми втомного руйнування досліджуваних покриттів після традиційного і вібромеханічного радіального та тангенціального різання пояснюють процес гальмування розвитку технологічноспадкоэмних втомних мікротріщин дислокаційним поглинанням енергії високочастотних коливань.  6. Вперше розроблений і апробований при вібромеханічній обробці метод акустичної активації матеріалу ГТП енергією, що за характером дії еквівалентна тепловій енергії в межах оптимальної для кибориту температури різання. Це дало змогу знеміцнити оброблюваний матеріал і на величину механічного еквівалента за характером дії акустичної енергії інтенсифікувати процес стружкоутворення та підвищити стійкість інструмента.  7. Вивчено закономірності теплофізичних явищ при переривчастому контакті між інструментом і покриттям та експериментально показано, що зміна переднього кута від -10о до 0о зменшує контактні температури через поліпшення умов пластичної деформації, а при вібромеханічному різанні на інтенсивність тепловиділення впливають конкуруючі фактори: стрибкоподібне зростання припуску, який знімається протягом 2/3 періоду коливань і еквівалентна за характером дії тепловій акустична активація зони стружкоутворення. Результуюча дія цих факторів знижує контактні температури до 20 % порівняно із звичайним різанням.  8. Розкриті особливості взаємозв’язків між параметрами процесу стружкоутворення і мікромеханізмами руйнації інструментального матеріалу на основі аналізу стохастичної моделі зношування і переходу режиму контактування від кінематично вільного при звичайному точінні до кінематично змішаного при вібромеханічному точінні. Встановлено зниження коефіцієнта зіступання стружки та контактних напружень на 20-30 % між “інструментом-штампом” і покриттям при квазіпружному дробовому деформуванні. Обґрунтовується явище демпфірування руйнівних для перехідного шару хаотичних напружень і загальне зменшення інтенсивності зношування інструмента як результату суперпозиції дії втомного, дифузійного та адгезійного механізмів.  9. Експериментально підтверджено можливість підвищення стійкості шліфувальних кругів завдяки зміні твердості зв’язки при акустичному опроміненні хвилями з високою частотою. Це дає змогу одним кругом із звичайних абразивних матеріалів здійснювати чорнову і чистову операції шліфування самофлюсівних газополуменевих покриттів і підтримувати експлуатацію шліфувального круга в режимі самозаточування.  10. Розроблено концепцію формування поверхневого шару при комбінованому різанні, згідно з якою основними факторами впливу на поверхневий шар є не тільки детерміновані кінетико-геометричні фактори, але й процеси адсорбційного пластифікування. Встановлено геометричний принцип формування мікрогеометричних параметрів на основі імітаційно дослідженої номограми визначення типів абразивних зерен на робочій поверхні шліфувального круга та за відомими значеннями їх кількості, розподілення по висоті і довжині профілю круга. Розроблені автором методи закриття поверхневої поруватості (Держпатент України на винахід №25530А від 30.10.98) дають змогу оцінити фактичну шорсткість опорних площинок покриття і здійснити порівняльний аналіз результативності методів обробки.  11. Теоретично доведено і експериментально підтверджено, що динамічна стабілізація високочастотними коливаннями процесу різання і зниження шорсткості поверхні здійснюється при фактичній фасці зносу інструмента по задній поверхні меншій, як 0,3 мм. Встановлено, що загальне зниження наклепу поверхневого шару після вібромеханічного різання становить 10-15 %, а залишкові напруження стиснення є стійкими на глибині залягання 150-250 мкм. Їх величина знаходиться в межах напруженості, яка сформована після напилення і є нижчою від залишкової напруженості після звичайного різання.  12. Розв’язана стратегічна задача внутрішньої і зовнішньої оптимізації методами градієнтного пошуку і крутого сходження. При постійних значеннях амплітуди і частоти високочастотних коливань встановлено оптимальні режими вібромеханічного різання за умов D–критеріальної оцінки шорсткості поверхневого шару. Розроблено систему активного адаптивного контролю для динамічної стабілізації процесу вібромеханічної обробки покриттів.  13. Запропонований для оцінки ефективності комбінованої обробки і експериментально підтверджений структурний модуль трибопошкодженості, який враховує зростання під впливом акустичної активації фактичної енергоємності покриття, що підвищує довговічність роботи контактної пари та дає змогу прогнозувати її надійність. Загальне зниження структурного модуля трибопошкодженості при випробуваннях деталей з покриттями на тертя та спрацювання становить 25-30 %.  14. Промислова апробація і широке впровадження розроблених технологій на машинобудівних і ремонтних підприємствах України дали змогу підвищити ефективність виробництва за рахунок поліпшення параметрів якості відновлених деталей та суттєвого зниження рівня залишкових внутрішніх напружень, а також за рахунок підвищення продуктивності обробки порівняно із традиційною бробкою інструментами з твердих і надтвердих матеріалів у 1,2-3,5 разу. | |