

УДК 621.891

В. Ф. ЛАБУНЕЦЬ¹, Є. В. КОРБУТ², О. В. РАДЬКО¹, В. С. ШЕВЧУК¹,
В. В. ЗАГРЕБЕЛЬНИЙ¹

¹Національний авіаційний університет, Україна

²Національний технічний університет України «КПІ», Україна

ПРИЧИНИ ТА ХАРАКТЕР ЗНОШУВАННЯ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ ПРИ МЕХАНІЧНІЙ ОБРОБЦІ РІЗАННЯМ ТИТАНОВМІСТНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Досліджені причини та характер руйнування робочих поверхонь різального інструменту при обробці титановмістких композиційних матеріалів. Встановлено, що основними причинами руйнування інструменту є розвиток на його поверхнях процесів адгезійного, абразивного, втомного, дифузійного зношування та схоплення. Характерними видами руйнування поверхонь є виникнення і розвиток тріщин, викривлення різальних крайок та сколи різальної частини.

Ключові слова: композиційний матеріал, різальний інструмент, обробка, зносостійкість, титан

Вступ. Обробка конструкційних матеріалів є складним і взаємопов'язаним з багатьма чинниками процесом, що включає тертя, пластичне деформування, руйнування поверхневих шарів в контактних умовах, які, зазвичай, не зустрічаються ні при випробуваннях матеріалів, ні в різноманітних технологічних процесах. Процеси різання розвиваються за винятково високих значень відносної деформації, а в зоні контакту діють великі стискаючі напруження, які перешкоджають розриву матеріалу, незважаючи на те, що відносна деформація перевищує значення, при яких відбувається руйнування зразка при розтягуванні.

Серед конструкційних матеріалів, що обробляються різанням одним із перспективних є композиційний, в якості матриці якого використовується титан, але незважаючи на його унікальні властивості він важко обробляється різанням. У зв'язку з цим вивчення особливостей зношування титановмістких конструкційних композиційних матеріалів (КМ) є актуальним.

Огляд публікацій та аналіз невирішених проблем. На сьогодні в машинобудуванні, а особливо у авіа- та ракетобудуванні широке використання набули КМ, які класифікуються за матрицею та структурою. Розрізняють КМ з металічною, полімерною, крамічною і вуглецевою матрицями. За структурою вони поділяються на дисперсно-зміцнені, волокнисті, шаруваті та евтектичні [1].

Металічну матрицю КМ обирають за умов отримання максимальної питомої міцності матеріалу, забезпечення зв'язку між зміцнюючими елементами і отримання необхідних технологічних і експлуатаційних властивостей [2]. Вона забезпечує передачу навантаження на волокна, вносить суттєвий внесок у модель пружності і знижує чутливість до концентраторів напружень. В якості матриці використовують магній, алюміній, титан, кобальт, нікель та їх сплави, а також леговану сталь. До переваг КМ з металічною матрицею слід віднести підвищену жароміцність та жаростійкість, незначну анізотропію механічних властивостей, хорошу тепло- та електропровідність. Недоліками цих матеріалів є підвищена густина і обмежена корозійна стійкість.

В якості армуючих елементів шаруватих і волокнистих КМ з металічною матрицею використовують волокна з вуглецю, бору, карбіду кремнію, оксиду

алюмінію, високоміцну стальну проволочку (сітку), берилієву, вольфрамову та інші проволочки. Механічні властивості за рахунок армування підвищуються в 1,5–3 рази (питомі в 2–5 разів) залежно від об'ємної частки і способу введення армуючої фази [3].

Розглядаючи переваги і недоліки титану як складового елементу різноманітних сплавів та титанових КМ, необхідно зазначити наступне.

Титан ковкий, пластичний, міцний і легкий. Він майже в два рази легший за залізо (густина $4,5 \text{ г/см}^3$), а по міцності переважає багато сталей [4]. В порівнянні з алюмінієм титан має суттєві переваги. За міцністю титан переважає його в 6 разів, а за твердістю в 12 разів, також він може працювати при більш високій температурі. Титан проявляє підвищену стійкість проти пінтингу, кислотної корозії, корозійної втомленості і розтріскування.

Переваги титану визначають його перспективність у багатьох областях техніки. Так, наприклад, заміна сталених деталей в авіадвигуні на титанові дозволяє знизити масу конструкції в 1,7 раз при збереженні показників міцності та довговічності [5].

Широке застосування титановмістких конструкційних матеріалів стримується рядом причин, до яких відносяться: низький опір зношуванню в різних умовах контактної взаємодії, що обумовлено деякою мірою їх високою хімічною активністю, та трудоємність їх механічної обробки [6].

Для підвищення ефективності і зниження трудоємності механічної обробки титановмістких КМ необхідно встановити причини зниження стійкості різального інструменту (PI), характер руйнування його поверхні і визначити шляхи забезпечення працездатності PI широкому діапазоні дії зовнішніх факторів.

Мета роботи. Визначення причин втрати працездатності PI при механічній обробці різанням титановмістких КМ.

Методика досліджень. Дослідження процесів різання при свердлінні титанових сплавів свердла із швидкорізальної сталі Р6М5 проводили на свердильному верстаті моделі РСВ16 потужністю 550 Вт при частоті обертання шпинделя 469 об/хв. Пластини товщиною 2 мм з матеріалу ВТ22 в нормалізованому стані оброблювались як без використання, так із використанням ЗОР.

Робочі поверхні до і після різання досліджували на растровому електронному мікроскопі РЕМ-106И.

Результати дослідження та їх обговорення. Залежно від умов різання – швидкості, питомого тиску тощо характер контакту інструменту та оброблюваної деталі буде відрізнятися.

Дослідження характеру контакту при низьких швидкостях різання показало, що між поверхнями тертя відбувається місцева адгезія – виникають плями схоплення. У процесі різання по всій площі контакту неперервно утворюються та зрізуються плями схоплення. Зріз відбувається в найбільш слабкому місці, частіше всього в товщині оброблюваного матеріалу. Зрізані частинки прилипають до більш твердої поверхні інструменту і в подальшому самі стають осередками схоплення, оскільки когезія між частинками оброблюваного матеріалу проявляється сильніше, ніж адгезія між матеріалами деталі та інструменту.

Макроскопічне руйнування PI (рис. 1) є результатом поступового розвитку та накопичення мікротріщин, які зі збільшенням зовнішнього навантаження, яке зростає в процесі затуплення інструменту, зливаються в макротріщину.

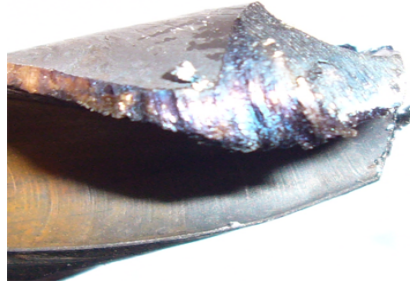


Рис. 1. Макроскопічне руйнування свердла P6M5 при обробці титанового сплаву

Процеси, які розвиваються на передній поверхні РІ, суттєво відрізняються від процесів, що реалізуються на задній крайці.

Пластична деформація матеріалу, який обробляється, одночасно протікає в зонах стружкоутворення, контакту стружки з передньою поверхнею інструменту і контакту цього матеріалу з задньою поверхнею інструменту. Напружений і деформований стан в цих зонах (залежно від конкретних умов роботи) взаємно пов'язані. Ці взаємозв'язки визначають розвиток всіх інших явищ, які супроводжують процес різання, а саме: тепловиділення, теплопередачу, дифузію, адгезію, наклеп, фазові перетворення, хімічну взаємодію з середовищем, утворення вторинних структур тощо.

Між титановою стружкою і інструментом є дуже невелика контактна поверхня, унаслідок чого в зоні різання виникають високий питомий тиск і температура. А оскільки титан володіє низькою теплопровідністю, важко відводити тепло із зони різання. В результаті титан налипає на РІ та він швидко зношується. Приварювання і налипання (викришування) титану на контактні поверхні РІ приводять до зміни геометричних параметрів різця, що, веде до різкого зростання сил різання і подальшого підвищення температури (рис. 2).

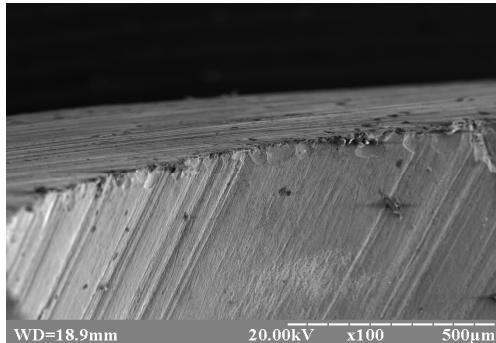


Рис. 2. Викришування металу на ріжучій кромці свердла зі сталі P6M5

Властивості титанових сплавів значною мірою визначаються їх структурою, яка суттєво впливає на технологічні процеси точіння, свердління, шліфування тощо. За структурою титанові сплави поділяються на 3 групи, а саме: α -сплави; сплави з $(\alpha+\beta)$ -структурою і β -сплави. Таким чином, знос РІ буде залежати від типу сплаву, що обробляється, його структури і хімічного складу (рис. 3). Аналіз отриманих результатів різання трьох видів титанових сплавів підтвердив, що структура і хімічний склад сплаву є визначними при їх обробці різанням.

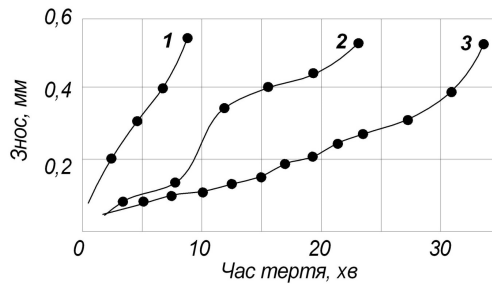


Рис. 3. Знос різця твердого сплаву ВК2 у залежності від тривалості різання при чистовому безперервному точінні ($V = 125$ м/хв, $S = 0,11$ см/об) без охолодження сплавів зі структурою: 1 – β ; 2 – α ; 3 – ($\alpha + \beta$)

Аналіз робочих поверхонь тертя інструментальних сталей, що досліджувалися свідчить про появу локальних ділянок мікросхоплювання (рис. 4), а також неглибоких рисок в напрямку тертя, розміри яких залежать від структури і марки сталі. Так, наприклад, Р18 характерна наявністю невеликих осередків схоплювання і неглибоких рисок. Поверхня сталі Р6М5 має такий же вигляд, але розміри ділянок схоплювання є значно більшими і їх кількість більша ніж у сталі Р18.

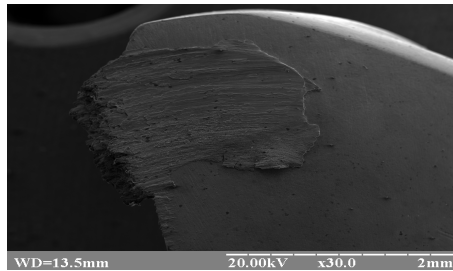


Рис. 4. Нарост на передній поверхні свердла зі сталі Р6М5 при обробці титанового сплаву ВТ22

Висновки. Встановлені причини та характер зношування різального інструменту при механічній обробці титановмістких композиційних матеріалів. Основними причинами руйнування інструменту є розвиток на його поверхнях процесів адгезійного, абразивного, втомного, дифузійного зношування та. Характерними видами руйнування поверхонь є виникнення і розвиток тріщин, викришування різальних крайок та сколи різальної частини.

Список літератури

1. Лабунец В.Ф. Авиационные конструкционные материалы с высокой удельной прочностью / В.Ф. Лабунец. – К.: КМУГА. – 1993. – 116 с.;
2. Композиционные материалы волокнистого строения / Ван Фо Фи Г.А., Грошева В.М., Денбновцкая Е.Н. и др. Под ред. И.Н. Францевича и Д.М. Карпиноса. – К.: Наукова думка. – 1970. – 403 с.;
3. Матеріалознавство: навчальний посібник / М.В. Кіндрачук, В.Ф. Лабунец, Т.С. Климова, І.Г. Черниш. – К.: НАУ. – 2012. – 492 с.;
4. Рогов В.А. Инструменты, применяемые при обработке труднообрабатываемых материалов сверлением / В.А. Рогов, А.К. Велис, М.П. Шкарупа. – Фундаментальные исследования. – 2012. – №1. – с. 645-651.;
5. Авиационно-космические материалы и технологии / [В.А. Богуслаев, А.Я. Качан, Н.Е. Калинина и др.] – Запорожье, изд. ОАО “Мотор Сич“, 2009. – 383 с.;
6. Копань В.С. Композиційні матеріали / В.С. Копань. – Київ. – Пульсарі. – 2004. – 200 с.

Стаття надійшла до редакції 06.10.2015

*V. F. LABUNETS, E. V. KORBUT, O. V. RADKO, V. S. SHEVCHUK,
V. V. ZAGREBELNIY*

CAUSES AND NATURE CUTTING TOOL WEAR WHEN MACHINING OF COMPOSITE MATERIALS THAT CONTAIN TITANIUM

The article explored the causes and nature of the destruction of the working surfaces of cutting tools in the processing of titanium-containing composite materials. It was established that the main causes of the destruction of the tool is the development of the adhesive, abrasive, tiring, diffusion wear and seizure processes on its surface. Typical types of surfaces fracture is the formation and development of cracks, spalling of the cutting edges and chipping of the cutting part.

Key words: composite materials, cutting tools, handling, wear resistance, titanium

Лабунець Василь Федорович – канд.техн.наук, професор кафедри машинознавства Національного авіаційного університету.

Корбут Євген Валентинович – канд.техн.наук, доцент кафедри інтегрованих технологій машинобудування механіко-машинобудівельного інституту Національного технічного університету України «КПІ».

Радько Олег Віталійович – канд.техн.наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри машинознавства Національного авіаційного університету, radlviv@ukr.net.

Шевчук Віталій Серафимович – канд.техн.наук, професор кафедри технічної механіки Національного авіаційного університету.

Загребельний Володимир Вікторович – аспірант кафедри машинознавства Національного авіаційного університету.