

Т.В. Сахно, д-р хім. наук, І.А. Велит, канд. техн. наук, В.М. Бовсуновський, канд. техн. наук

Полтавська державна аграрна академія, м. Полтава

Знос ріжучого інструменту при обробці оптичних полімерів

Проаналізовано знос ріжучого інструменту при обробці оптичних полімерів на основі полістиролу і полі метилметакрилату
полімер, процес різання, знос, інструмент

Вступ. Комплексне вивчення механіки різання на мікро - і на макро-рівні і процесу утворення стружки дозволяє прогнозувати параметри обробки, характеристики точності і якості поверхневого шару оптичних полімерних виробів.

Постановка проблеми, її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями. Механіка різання полімерів є ланкою, що визначає деформаційні і контактні процеси в зоні обробки, є ключем до нових технологічних рішень [1,2,3]. В процесі введення ріжучого клину інструменту в заготовку відбувається направлене руйнування матеріалу в обсязі шару полімерів [4,5]. Следствием цього є розриви хімічних зв'язків полімеру, що приводять до виникнення вільних радикалів з наступною їх рекомбінацією, зародженню, зростанню і злиттю мікротріщин в магістральні при утворенні нових поверхонь. Порушення структури полімерного матеріалу, що виникає при різанні веде до появи люмінесценції (механолюмінесценції), яку можна розглядати як об'єктивний показник мікроруйнування матеріалу. Емісія фотонів люмінесценції безпосередньо зв'язана з елементарними актами модифікації структури матеріалу, що піддається навантаженню. Тому випромінювання з довжиною хвилі в видимій області спектру, що виникає при деформуванні полімерних матеріалів і є следствием утворення в матеріалі структурних дефектів, можна розглядати як об'єктивний показник руйнування матеріалу [6].

Мета роботи. Дослідження зносу ріжучого інструменту при обробці оптичних полімерів на основі полістиролу і полі метилметакрилату.

Методика експерименту. Для прецизійного обробітку оптичної поверхні застосовували природний монокристалічний алмаз, що має високу теплопровідність і мінімальний коефіцієнт тертя. На чистових операціях фрезерування монокристалічний алмаз практично не піддається зносу, не спостерігається збільшення радіуса округлення крайок. Проте застосування інструмента з природних монокристалічних алмазів на всіх операціях обробки полімерної оптики економічно малоефективно. Це обумовлено як його високою вартістю, так і розкидом показників довговічності.

Переказ основних матеріалів досліджень. Радіус округлення ріжучих крайок інструментів грає вирішальну роль у формуванні поверхневого прошарку полімерних оптичних матеріалів. Мінімумально можливе його значення ($\rho < 1$ мкм) забезпечує одержання оптично прозорої поверхні виробу. Інструмент з швидкорізальної сталі Р9, що може забезпечити початковий радіус округлення $\rho = 4-8$ мкм, піддається помітному зношуванню з боку полімерних матеріалів. З урахуванням жорстких вимог до якості обробітку необхідний правильний вибір критерію затуплення ріжучого інструмента.

Знос інструменту відбувається за рахунок локального збільшення радіусу округлення головної ріжучої кромки (рис.1). Отримані закономірності найбільш

справедливі для інструменту з швидкоріжучої сталі, бо для алмазних надтвердих матеріалів виявити закономірності в розвитку зносу від часу обробки не вдається. Початковий радіус округлення ріжучих кромки-вставок для обробки оптичних полімерів повинен знаходитися в наступних межах: для швидкоріжучої сталі Р6М5 - 4...5мкм, для твердого сплаву ВК8 - 9...11, для алмазного надтвердого матеріалу СКМ-Р - 5...7мкм.

Великий початковий радіус округлення твердосплавного інструменту визначає невисоку якість обробленої поверхні оптичних полімерів, внаслідок чого даний інструментальний матеріал можна рекомендувати на чернеткових операціях обробки.

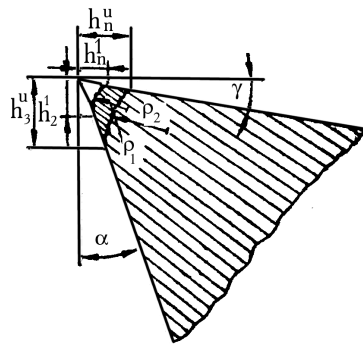


Рисунок 1– Розвиток зносу інструменту за рахунок збільшення радіусу округлення: h_3 , h_n -знос по задній і передній поверхні, h_3^u , h_n^u - знос по поверхнях при збільшенні радіусу округлення

Необхідно відзначити, що збільшення радіусу округлення до значень $\rho=15...18\text{мкм}$ приводить до різкого зростання числа дефектів на обробленій поверхні оптичних полімерів. Таким чином, в якості критерію затуплення ріжучого інструменту вибирається погіршення якості обробленої поверхні, що найбільш об'єктивно може оцінюватися величиною радіусу округлення ріжучої кромки. При цьому для забезпечення стабільності експлуатаційних властивостей готових оптичних виробів за рахунок найменшої дефектності поверхневого шару величина радіусу закруглення ріжучих кромки не повинна перевищувати 15-18мкм (орієнтовна величина зносу по задній поверхні $h_3=0,03... 0,04\text{ мм}$).

При обробці полімерних матеріалів інструментами звичайної і надвисокої твердості відсутній період катастрофічного зношування, тому що його завжди опережає неприпустиме погіршення якості обробленої поверхні виробу. У цих випадках використовують критерій технологічного зносу. Інструмент рахується затупленим, коли лінійний знос задньої поверхні досягає значення, рівного технологічному зносу, якому відповідає технологічна ознака - погіршення якості обробленої поверхні.

Для ріжучих інструментів, що здійснюють обробку полімерних оптичних матеріалів, більш об'єктивним показником зношування є округлення леза інструмента. При збільшенні радіуса округлення різко збільшується шорсткість обробленої поверхні і виникають тріщини «срібла».

Незважаючи на те, що прийняття радіуса округлення як критерію зносу у виробничих умовах пов'язано з труднощами виміру припустимого розміру, цей параметр є найбільше об'єктивною характеристикою зношування інструмента. На чистових, фінішних операціях розмір радіуса округлення не повинен перевищувати 1,0мкм, на напівчистових операціях 10-15мкм.

Вирішальний вплив на знос ріжучого інструменту має швидкість різання. Це зв'язане зі збільшенням теплоутворення в зоні обробки і активним протіканням термодеструкції в зоні контакту ріжучого клину і матеріалу, що обробляється.

При мікроаналізі ріжучого клину інструменту видно тонкі полімерні плівки поблизу верхівки інструменту, що утворюються при високих швидкостях різання ($v > 100 \text{ м/хв}$) і більших перетинах зрізу. Полімерна плівка утворилась в результаті деструкції матеріалу, що обробляється і приводить до значного викривлення радіусу округлення, погіршує процес стружкоутворення і якість поверхні виробів. При цьому міцність зв'язку між полімерною плівкою і поверхнею інструменту є досить високою. Основним ефективним засобом, що перешкоджає утворенню полімерних плівок наряду з призначенням оптимальних режимів різання, є застосування змащувально-охолоджуючих технологічних середовищ, що мають в своєму складі хімічні компоненти, які зменшують адгезійний зв'язок матеріалу, що обробляється і інструментальних матеріалів.

Руйнування в процесі обробки полімерного матеріалу супроводжується механодеструкцією, утворенням вільних радикалів і зв'язку текучої фази в контактних шарах інструменту і заготовки.

Знос інструмента є найважливішим показником його працездатності, проте фізична природа зношування вивчена на рівні гіпотез через виняткову складність контактних процесів, що протікають у зоні різання при обробці полімерних матеріалів.

Доведено, що продукти деструкції полімеру мають високу поверхневу активність і здатні змінювати вихідну структуру і механічні властивості контактуючих із ними матеріалів [7,8,9]. З допомогою методу електронного парамагнітного резонансу авторами встановлено, що в зоні різання утворюються активні вільні макрорадикали в результаті крекінга полімеру. Деструктовані полімери здатні активувати диспергування поверхні інструментального матеріалу. Явище активації руйнування ріжучого інструменту відповідає ефекту Ребіндера.

Механізм ефекту Ребіндера характеризується двома складовими впливу адсорбційно-активного середовища на процес диспергування твердих тел. Адсорбовані молекули полімеру викликають зниження поверхневої енергії твердого тіла, що сприяє полегшенню диспергування ріжучого інструменту. Крім того, молекули, мігруючи по поверхневим дефектам інструменту, відвертають їх самозаточування, що також прискорює процес мікроруйнування. Встановлено, що адсорбційні властивості твердих тіл багато в чому визначаються станом їхньої поверхні: розмірами мікронерівностей і кількістю мікротріщин на поверхнях ріжучого інструмента, що контактують.

Природно очікувати проникнення вільних радикалів полімеру в мікротріщини швидкорізального інструмента. При цьому вільні макрорадикали роблять розклинюючу дію, інтенсифікують знос.

Адгезійне і водневе зношування ріжучого інструмента вивчали за допомогою інфрачервоної спектроскопії деструктивного прошарку полімеру. У результаті деструкції відбувається утворення водню, що викликає водневе зношування швидкорізального інструмента. Очевидно, що механізм водневого зношування може мати помітний вплив лише при обробці оптичних полімерних матеріалів швидкорізальним інструментом.

Значне падіння кількості функціональних груп приводить до зменшення адгезійної взаємодії полімеру й інструментального матеріалу, що можливо тільки при малій частці термічної деструкції. У цьому випадку відбувається утворення тривких хімічних зв'язків і збільшується інтенсивність зносу ріжучого інструмента.

Взаємодія полімеру, який обробляється з ріжучим інструментом може бути також на молекулярному рівні, що виявляються в виді адгезії. Адгезійній взаємодії матеріалів сприяють температурно-силові умови на площинах контакту інструменту з матеріалом, що обробляється. Встановлено, що адгезійна взаємодія можлива при механічній деструкції, наприклад при невисокій долі термічної деструкції. Таким

чином, при різанні полімеру звільняються вільні валентні радикали і виступають назовні окремі елементи в атомарному стані, що дозволяє вступати інструментальному матеріалу і полімеру в хімічну взаємодію. При цьому утворюються сполуки, які руйнуються і виникають знов.

Певну роль в механізмі зносу інструменту при переривному різанні грають циклічні температурно-силові навантаження, що посилюються високочастотними вібраціями.

Висновок. Гіпотеза зносу ріжучого інструменту при обробці оптичних полімерів це - крихке мікроруйнування ріжучого інструменту під дією адсорбційно-адгезійних факторів і механічного впливу.

Список літератури

1. Семиноженко В.П., Сенчишин В.Г., Гринев Б.В., Грабченко А.И., Везуб Н.Б. Технология получения крупногабаритных пластмассовых сцинтилляторов для исследований физики высоких энергий // 36.наук.праць «Висою технологи в машинобудуванш». 2000. - Т.1. - С.226-230.
2. Сенчишин В.Г. Современные технологии получения пластмассовых сцинтилляторов // Международный научно-технич. сб. «Резание и инструмент в технологических системах». Харьков, ХГПУ. 2000. - Т.57. - С.205-216.
3. Везуб Н.В., Тарасюк А.П., Хавин Г.Л. Механическая обработка волокнистых полимерных композитов. Харьков, ХНАДУ, 2001. - 180 с.
4. Везуб Н.В., Лавриненко С.Н. Особенности разрушения полимерных композитных материалов при механической обработке // Механика композиционных материалов. 1984. №4. - С.741-743.
5. Нарисава И. Прочность полимерных материалов: пер с яп. - М.:Химия, 1987. - 399 с.
6. Сенчишин В.Г., Везуб Н.В., Лавриненко С.Н. Технология производства полимерных оптических изделий. - К.: Техніка, 1992. - 79 с.
7. Бартенев Г.М. Прочность и механизм разрушения полимеров. - М.: Химия, 1984.- 280 с.
8. Штучный Б.П. Механическая обработка пластмасс. - М.: Машиностроение, 1987. - 156 с.
9. Климов А.Б., Куликов М.Ю., Бахарев В.П., Филимонов А.В. Физико-математическое моделирование и прогнозирование процесса изнашивания минералокерамического режущего инструмента.//Вестник машиностроения, М.: Машиностроение, № 11, 2006.- С.23 – 26.

Проанализирован износ режущего инструмента при обработке оптических полимеров

It is parsed of wearing of a cutting tool at processing of optical polymers on the base of polystirole