УДК 621.91

І.О. СЕРЕДНЯК, НТУ «ХПІ», Харків, Україна
Г.Л. ХАВІН, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПІ», Харків, Україна

Дослідження впливу технологічних параметрів на фактор розшарування при свердленні композитів

Розглянуто механізм взаємодії інструмента і матеріалу при свердленні багатошарових композиційних матеріалів (БКМ), що армовано вуглецевими або скловолокнами. Детально описується явище розшарування на вхідні та вихідній поверхні деталі, як найбільш важливий дефект обробки при свердленні. Наведені різні моделі взаємодії, що описують складне пошкодження та зношування інструменту.

Механічна обробка свердленням БКМ складається з послідовності руйнувань, що утворюють стружку, яка не має великих пластичних деформацій. Експериментально доказано, що великий вплив на появу дефектів розшарування оказує геометрія інструменту і осьова подача. Для ефективної роботи необхідно, щоб поперечна ріжуча кромка інструмента була як можна менш, і для нейтралізації ефекту впливу поперечної ріжучої кромки рекомендується використовувати попереднє свердлення. Зниження швидкості подачі зменшує розшарування, але можна рекомендувати впровадження комплексу заходів по зміні подачі протягом усього процесу обробки отвору. Схема керування зміною подачі може мінімізувати розшарування шляхом управління осьовою силою.

Фізичні процеси на вході свердла, тобто при навантажені, пов’язані з силовою дією інструменту, місцевою контактною взаємодією і контактним руйнуванням, зносом і частковим розігрівом інструменту. Для крихких матеріалів це зародження і зростання радіальних та кільцевих тріщин,. їх взаємодія і вихід на вільну поверхню. При подальшому навантаженні матеріал шарів спірально закручується, що викликає розшарування, розділ шарів та їх руйнування. Інтенсивність цього явища найбільш сильно залежить від подачі та зношування свердла.

Руйнування на виході свердла є наслідком зародження та зростання міжшарових тріщин. Цей процес визначається фізичними властивостями наповнювача та полімеру і адгезійним зв’язком між ними. Фактично цей дефект є наслідком силової дії (за рахунок осьової сили) інструменту. Найбільш розповсюдженою є модель Hocheng и Dharan побудована в межах лінійної механіки руйнування. Критична сила руйнування на виході, відповідно цієї моделі має вигляд:

$$F_a = \pi\sqrt{\frac{8G_{IC}EH^3}{3(1-\nu^2)}}\left(\frac{h}{H}\right)^{\frac{3}{2}}, \qquad (1)$$

та критична сила різання для початку руйнування на вході

$$F_c = k_{slope}\pi\sqrt{\frac{8G_{IC}EH^3}{3(1-\nu^2)}}\left(1-\frac{h}{H}\right)^{\frac{3}{2}}, \qquad (2)$$

де H – товщина слоїстого пластику; h – недорізана глибинам під інструментом; G_{IC} – критична енергія інтенсивності звільнення тріщини; E – модуль пружності; ν – коефіцієнт Пуассона; k_{slope} – постійна, що визначається величинами λ (кут нахилу вершини свердла) і μ (коефіцієнтом тертя між інструментом і матеріалом, що обробляється).

Таким чином, для одержання якісної поверхні деталі на вході ті виході необхідно впровадити управління величиною осьової сили і крутного моменту протягом часу свердлення. Експериментальні дослідження різних авторів показують, що процес свердлення багатошарових композитів має дві характерні особливості. Це, по-перше, жорстка залежність осьової сили і крутного моменту від положення свердла у отворі. По-друге, це не лінійність співвідношення між осьовою силою та крутним моментом і параметрами свердлення такими, як діаметр свердла та подача на оберт шпинделя. визначення цих залежностей можливо тільки шляхом обробки експериментальних даних. Якщо цій емпіричний закон визначено, тоді є можливість розробки законів керування (регулювання) силовим навантаженням у автоматизованому виробництві.

Розробка системи регулювання або диспетчеризації процесом свердлення передбачає управління такими етапами свердлення:

– підхід свердла до поверхні заготівки або виробу і вершина свердла контактує з поверхнею виробу
– врізання – впровадження свердла в матеріал;
– свердлення без розшарування і початок розшарування;
– вихід свердла за поверхню обробки виробу;
– подальший хід інструменту і завершення циклу, коли свердло виходить за площину виробу не менш, ніж на довжину конічної частини.

При свердленні БКМ необхідно виконувати ряд вимог, що визначаються особливостями обробки цих матеріалів:

– ні в якому разі не допускається наявність прижогів обробленої поверхні;
– зношування інструменту здійснюється по задній поверхні і у кутах, і не повинно перевищувати характерну величину для обробки даного матеріалу заданим інструментом (від 0,1 мм до 0,15 мм);
– якщо сколювання та відшарування крайок отворів припускається, то у загальному випадку воно не повинно перевищувати 0,5 мм;
– після свердлення отворів має місце усадка, тобто зменшення його діаметру.