

УДК 621.9:678

О.В. Глоба, к.т.н., доц., с.н.с.

Є.В. Олійник, студ.

К.А. Сенкевич, інж.

Національний технічний університет України «КПІ»

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СВЕРДЛІННЯ АВІАЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ТРИПЕРИМИ СВЕРДЛАМИ З МЕТОЮ УДОСКОНАЛЕННЯ ГЕОМЕТРІЇ РІЗАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ

Проведено дослідження свердління полімерних композиційних матеріалів триперими свердлами і на підставі отриманих експериментальних результатів показано ефективність їхнього застосування.

Вступ. До початку другого тисячоліття застосування полімерних композиційних матеріалів (ПКМ) і металевих шаруватих композиційних матеріалів (МКМ) у різних галузях промисловості досягло значних масштабів. Часто композити використовуються у поєднанні з іншими матеріалами для формування гібридної структури, що характеризується, порівняно з металом, підвищеною міцністю при мінімальній вазі.

В авіаційній галузі давно стали помітними тенденції до збільшення обсягу використання композитів через їхні високі механічні характеристики, які можуть бути гарантовані при високих навантаженнях військових і цивільних літаків. У цей час з'єднання болтами й заклепками залишаються основними методами для складання композитних обшивок з металевим або композитним каркасом. При цьому дуже важливим фактором, що впливає на ресурс з'єднання є якість виконання отворів під кріпильні елементи. Щоб мінімізувати похибки установки, композитні панелі й елементи каркаса як правило свердлять спільно в пакеті.

У статті представлений **аналіз проблеми** механічного свердління змішаних пакетів ПКМ, описані одержувані параметри якості отвору (шорсткість і точність форми отриманих отворів).

Основна частина. Свердління може бути як остаточною операцією, так і попередньою перед зенкеруванням, розгортанням і нарізуванням різьб. Як різальні інструменти використовують спіральні свердла зі швидкорізальної сталі, свердла із твердосплавними пластинами, алмазні свердла, вирізні різці.

Отвори великого діаметра в листовому матеріалі можуть

вирізатися спеціальним циркульним різцем.

Спочатку свердлиться малий отвір для фіксування хвостовика інструмента, а потім роблять вирізання отвору необхідного діаметра. При свердлінні ПКМ необхідно враховувати звуження отворів після обробки на 1...2 % внаслідок високих пружних властивостей матеріалів. Тому при існуючих конструкціях свердел необхідно вибирати свердла більшого діаметра. Крім того, для зменшення тертя ширину напрямної стрічки свердла необхідно робити не більш 0,5 мм.

Щоб уникнути виломлювання або викрашування ПКМ на виході наскрізне свердління потрібно робити на гладких прокладках з більш м'якого матеріалу, наприклад з деревини. При глибині свердління більш 2,5 діаметрів отвору необхідно періодично витягати свердла з отвору для видалення стружки й охолодження. Бажано охолодження робити стисненим повітрям. Для кращого видалення стружки свердел повинні мати більший кут з ($15...17^\circ$) і широку стружечну канавку з полірованою поверхнею.

Щоб уникнути викрашування матеріалу в процесі обробки тонкостінних і порожніх деталей, а також листового матеріалу з термопластичних матеріалів застосовують свердла з кутом при вершині $2\phi = 55...60^\circ$, а для свердління оргскла – з подвійним кутом заточки $2\phi = 100$, $2\phi = 130...140^\circ$. Свердління здійснюється при швидкості різання 40...50 м/хв. і подачі 0,05...0,1 мм/об. Лист необхідно затискати в лещатах або між притиснутими пластинами, щоб уникнути розшарування (при виготовленні деталей літаків це непродуктивно). Подача й швидкість різання вибираються залежно від типу пластика (табл. 1).

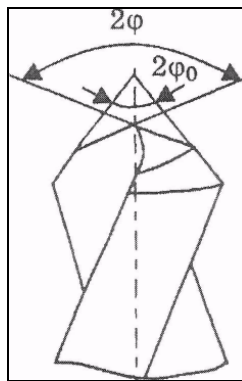


Рис. 1. Свердло з подвійним кутом підточки

Таблиця 1

Режими різання при свердлінні багатшарових пластиків

Тип пластика	Матеріал свердла	Геометричні параметри свердла, град.			Швидкість різання, м/хв.	Подача, мм/об.
		2α	γ	α		
Склопластик	ВК6	90	–	15...20	30...35	0,1...0,5
Вуглепластик	ВК6	70	–	16	16	0,05...0,1
Органопластик	ВК6, ВК8 ВК8	70...90	15	25...30	25...30	0,08...0,25

Свердління ПКМ може проводитися як свердлами зі швидкорізальної сталі, так і оснащеними твердосплавними пластинами. Отвори діаметром більше 5 мм у скло- і вуглепластику обробляють твердосплавними свердлами. Швидкість різання становить 45...90 м/хв., а подача – 0,05...0,1 мм/об.

Отвір малого діаметра в композитах з дисперсним наповнювачем виконують свердла з кутом заточення 2ϕ . Отвори діаметром більше 10 мм необхідно попередньо обробити свердлом діаметром 5...6 мм, а потім розсвердлити їх більшими свердлами.

Для зменшення тертя й зношування свердел задні кути робляться більше при обробці металу. Передній кут свердел вибирається в межах 0...150.

Чистота поверхні отвору залежить від шпindelної швидкості й подачі. При занадто високій подачі збільшується шорсткість отвору в композиті, тому що свердла мають тенденцію тягнути волокна замість того, щоб їх різати (відбувається розрив волокон). При високих шпindelних швидкостях від високих температур (приблизно 270 °C) у зоні різання відбувається руйнування матриці. Спочатку розпушується граничний шар "матриця–волокно", що закінчується серйозним ушкодженням композита. Також має місце розплавлення, яке призводить до зменшення шорсткості. Однак, якщо волокна витягнуті з матриці, то це викликає ушкодження, збільшуючи тим самим шорсткість.

Створення конструкції із триперих сверدل незначно збільшило осьову силу, але, маючи три стрічки, ми збільшуємо точність виготовлення отвору, що дуже важливо при свердлінні отвору під болтові з'єднання. Якість поверхні під болтове з'єднання й під

заклепку мають відмінність. Так, для болтового з'єднання розмір повинен бути більш точним, у свою чергу, для заклепки допускається відносно не точний отвір.

У всіх роботах [2, 3, 4] для свердління отворів застосовуються двопері свердла, які мають перемичку. При врізанні свердла в матеріал під дією перемички, що має негативний передній кут, і кут різального леза, що поблизу осі свердла має невеликий передній кут, можливе явище спучування матеріалу. При розгляді процесу свердління необхідно враховувати особливості цього процесу: свердло має 5 різальних крайок (для двоперих свердел), кожна з яких працює в різних умовах; має місце невільне і косокутне різання; точки на різальних кромках мають різні швидкості різання; загальне значення передніх і задніх кутів затруднює умова виходу стружки. Тому для зменшення цього впливу було спроектовано трипері свердло. Застосування конструкцій сверدل із трьома різальними лезами дозволить зменшити навантаження на одне різальне лезо, що зменшить величину розшарування матеріалу.

У такий спосіб свердління отворів з мінімальними ушкодженнями матеріалу є важливою науково-технічною проблемою.

При свердлінні композиційних матеріалів, шари композиційного матеріалу, які попадають на різальну кромку піддаються місцевій деформації на вигин, що є причиною розшарування матеріалу навколо отвору. Неважко припустити, що розшарування буде вимагати невеликого осьового зусилля, особливо коли значення товщини не зрізаного шару залишиться незначна, внаслідок чого на виході матеріалу буде спостерігатися розшарування матеріалу.

Відсутність перемички дозволить зменшити навантаження на шари матеріалу, що зменшить навантаження і силу розшарування. У конструкції триперих свердел відсутня перемичка, яка розташована на площині обробки, тому врізання буде здійснюватись не плоскою поверхнею, а «пірамідою». Утворення «піраміди» дозволить при вході свердла зменшувати надрив волокон і забезпечить краще центрування свердла, що позначиться на якості отриманого отвору.

Знаючи силу розслоювання ПКМ, у нас є можливість проектувати оптимальну геометрію свердла, тобто вибрати таку геометрію підточування перемички, кут нахилу гвинтової канавки, головний кут у плані й геометрію переднього й заднього кутів, які дозволяють вести обробку, налагодження і підбивки без розшарування. Крім того, знаючи величину критичної осьової сили, можна призначити оптимальні режими різання.

На величину зусилля розшарування виявляє вплив характеристики

й напрямку армування ПКМ, а також діаметр отвору й залишкова товщина матеріалу під свердлом. Так, для наведеного в роботі зразка з вуглепластику з діаметром отвору 3 мм товщиною 0,5 мм (приблизно 4 шару) зусилля розшарування склало 6 кгс (5,9 Н).

У зв'язку з тим, що ПКМ по своїй структурі має неоднорідну твердість уздовж різальної кромки, що викликає нерівномірність навантаження на різальному лезі, а відповідно і радіальні сили можуть бути невривноважені, що призведе до відхилення круглості отвору. На підставі вищезазначеного на якість отриманих отворів буде впливати геометрія свердла.

При проектуванні стружкової канавки свердла було використано методику Солодкого В.І. [5]. Міцність свердла розраховувалася з використанням пакета програм Vision Nastran [6], що дозволяє, маючи 3D модель свердла, виконати його розрахунок. Вона ж дозволила виконати розрахунок навантаження різальних кромки.

Була розроблена конструкція з підточками (рис. 2). Для порівняння якості отриманих отворів були проведені порівняльні експерименти із визначення температури в зоні різання, округлості форми отриманих отворів, шорсткості отвору і вібрацій, що виникають в зоні свердління. Порівняння проводилися при обробці скло- і вуглепластика свердлами однакової заточки і підточування перемички для дво- і триперих свердел.

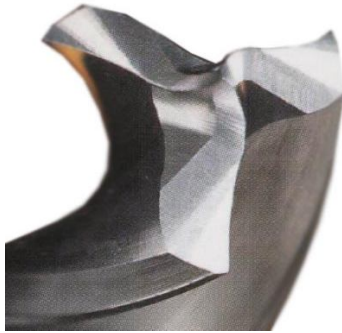


Рис. 2. Трипере свердло: $\alpha = 10\text{--}15^\circ$, $\gamma = 20^\circ$, $\omega = 30^\circ$

Висновки. В результаті виконаної роботи підтверджується збільшення осьової сили (до 10 %), але її збільшення не призвело до розслоювання та вспучування матеріалу при обробці без накладок і підкладок. Шорсткість оброблених поверхонь коливалася в межах $R_a = 4 \dots 10$ мкм при обробці триперими і $13 \dots 24$ мкм – двохперими. Відхилення від круглості:

20...110 мкм, 112...220 мкм відповідно. Слід зазначити, що величина шорсткості визначається видом оброблюваного матеріалу, загостренням і підточуванням перемички и застосуванням триперих свердел рціонально при обробці полімерних композиційних матеріалів. При розробці конструкції триперих свердел відомо, що повинно збільшитись осьове навантаження. Тому потрібно знати критичну силу, яка викликає розслоювання матеріалу.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Васильєв В.В., Протасов В.Д., Болотін В.В. і ін.* / Під заг. ред. В.В. Васильєва Композиційні матеріали: Довідник. – М.: Машинобудування, 1990. – 512 с.
2. *Акіра Кобаяши.* Обробка пластмас різанням. – М.: Вища школа, 1993. – 320 с.
3. *Криштопа Н.А. і ін.* Обробка отворів у композиційних матеріалах. –К.: Техніка, 1980. – 126 с.
4. *Степанов А.А.* Обробка різанням високоміцних композиційних матеріалів. – Л.: Машинобудування, 1987. – 178 с.
5. *Солодкий В.І.* Методичні вказівки з дисципліни "Різальний штрумент та інструментальне забезпечення автоматизованого виробництва" Дисковий штрумент для утворення зовнішніх гвинтових поверхонь. – Київ: НТУУ "КПІ", 2009. – 36 с.
6. Розрахунки конструкцій в MSC/NASTRAN for Windows. – М.: LVR Пресс, 2003. – 448 с.
7. *Кокаровцев В.В.* Методи контролю та керування процесом металообробки на базі віброакустичного сигналу: Автореф. канд. техн. наук. – Київ: КПІ, 1994. – 16 с.

ГЛОБА Олександр Васильович – кандидат технічних наук, доцент, старший науковий співробітник Національного технічного університету України «КПІ».

Наукові інтереси:

– обробка композиційних матеріалів.

Тел.: (044) 454-95-28.

E-mail: g_a_v@ukr.net

ОЛІЙНИК Євген Віталійович – студент Національного технічного університету України «КПІ».

Наукові інтереси:

– обробка композиційних матеріалів.

Тел.: (044) 454-95-28.

E-mail: Oleynik_E@bigmir.net

СЕНКЕВИЧ Костянтин Анатолійович – інженер АНТК ім. Антонова.

Наукові інтереси:

– обробка композиційних матеріалів.

Тел.: (044) 454-33-66.

E-mail: senkos@ukr.net

Подано 21.09.2009