

УДК 621.951.3

**ДО ПИТАННЯ ЗАХИСТУ ГВИНТОВИХ СВЕРДЕЛ  
ВІД РУЙНУВАННЯ ЧЕРЕЗ ЗАКУПОРКУ СТРУЖКОВИХ КАНАВОК**©**Маршуба В. П., Широков С.****Інформація про авторів:**

**Маршуба Вячеслав Павлович:** ORCID: 0000-0003-1426-6240; marshuba\_vp@outlook.com; кандидат технічних наук; доцент кафедри зварювання; Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»; ул. Кирпичова, 2, м. Харків, 61002, Україна.

**Широков Стефан:** ORCID: 0000-0002-6216-2908; fan.gogle@gmail.com; студент Навчально-наукового інституту механічної інженерії і транспорту; Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»; ул. Кирпичова, 2, м. Харків, 61002, Україна.

*Маршуба В. П., Широков С.* «До питання захисту гвинтових свердел від руйнування через закупорку стружкових канавок».

Метою даної роботи було подання відомостей отриманих експериментальні шляхом різними авторами про закономірності формування щільно запакованих пакетів стружки під час свердління глибоких понад (3...4)d отворів в різних матеріалах.

Остаточний вибір факторів здійснювався експериментальним шляхом. При плануванні експерименту всі фактори варіювалися по черзі в кожній окремій серії дослідів. Математична модель, побудована на досвідчених даних, дозволяє отримати кількісну оцінку якості виконаного такими методами глибоких отворів.

Отримані експериментальні дані з теоретичним обґрунтуванням можуть бути використані для підвищення якості механічної обробки. Розроблено методику визначення експериментальних залежностей.

**Ключові слова:** механічна обробка; глибоке свердління; гвинтове свердло; стружка; щільно запаковані пакети; поломка інструмента.

*Маршуба В. П., Широков С.* «К вопросу защиты спиральных сверл от поломки из-за закупорки стружечных канавок».

Целью данной работы было представление сведений полученных экспериментальным путем различными авторами о закономерностях формирования плотноупакованных пакетов стружки при сверлении глубоких свыше (3...4)d отверстий в различных материалах.

Окончательный выбор факторов осуществлялся экспериментальным путем. При планировании эксперимента все факторы варьировались по очереди в каждой отдельной серии опытов. Математическая модель, построенная на опытных данных, позволяет получить количественную оценку качества выполненного такими методами глубоких отверстий.

Полученные экспериментальные данные с теоретическим обоснованием могут быть использованы для повышения качества механической обработки. Разработана методика определения экспериментальных зависимостей.

**Ключевые слова:** механическая обработка; глубокое сверление; спиральное сверло; стружка; плотноупакованные пакеты; поломка инструмента.

*Marshuba V., Shirokov S.* “On the issue of protection of spiral drills from breakage due to clogging of chip flutes”.

The purpose of this work was to present information obtained experimentally by various authors on the regularities of formation of close-packed swarf packages when drilling deep holes in (3...4)d deep in various materials.

## Верстати та інструменти

---

The final choice of factors was carried out experimentally. When planning the experiment, all the factors varied in turn in each separate series of experiments. A mathematical model based on experimental data allows one to obtain a quantitative estimate of the quality of deep holes made by such methods.

The obtained experimental data with theoretical justification can be used to improve the quality of machining. A technique for determining the experimental dependences is developed.

**Key words:** machining, deep drilling; spiral drill; chips; close-packed bags; tool breakage.

### 1. Постановка проблеми в загальному вигляді

Обробка глибоких отворів стандартними гвинтовими свердлами подовженої і довгої серії на агрегатних верстатах (АВ) і автоматичних лініях (АЛ) в різних матеріалах, зокрема корпусних деталях, є поширеною і відповідальною операцією технологічного процесу. Але застосування цих свердел для операцій глибокого свердління на різно інструментальних головках АВ і АЛ має ряд недоліків, як в конструкції ріжучого інструменту, так і в сформованих умовах обробки такої групи отворів. Розглянемо ряд причин недосконалості сучасних умов технологічного процесу обробки корпусних деталей на різно інструментальних головках АС і АЛ:

- через недосконалість поширеного способу підведення ЗОТС до гирла отвору методом поливу, і неглибокого проникнення цієї рідини в зону обробки, при збільшенні глибини отвору, підвищується температура в зоні різання, що в кінцевому підсумку сприяє збільшенню шкідливого впливу адгезійної і механічної взаємодії матеріалу, що обробляється, фрагментів наростів та елементів стружки, і інструментального матеріалу в умовах підвищеного тиску та великої температури.

- при досягненні глибини свердління отворів  $\sim (4...5)d$  стандартними гвинтовими свердлами, через пакетування стружки в стружкових канавках має місце від 40 до 60% випадків раптової відмови (далі в тексті руйнувань) ріжучого інструменту.

- відсутня можливість виведення ріжучого інструменту з каналу отвору для охолодження і видалення фрагментів стружки, через одночасну роботу різних ріжучих інструментів (мітчиків, свердел і ін.).

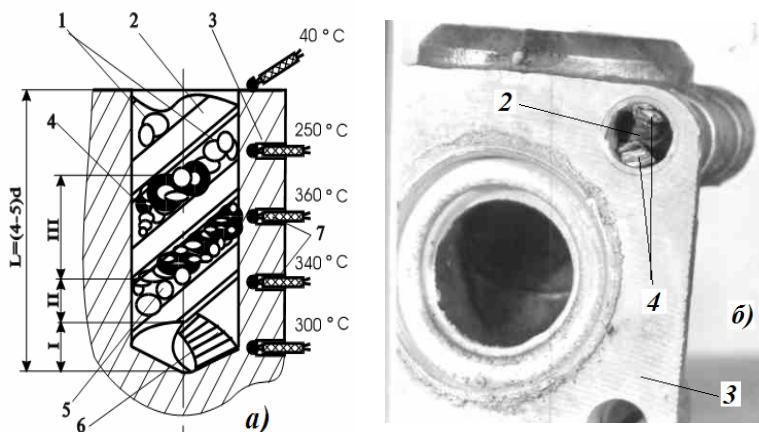
- немає можливості через наявність малого діаметра інструмента і близьке розташування шпинделів в інструментальній головці, установки допоміжної технологічної оснастки для застосування подачі ЗОТС в зону різання під тиском, через канали в стеблі гвинтового свердла для одночасного видалення фрагментів наростів та елементів стружки з зони різання (зона, де відбувається зрізання стружки та утворення фрагментів наростів) та зони обробки (зона, де відбувається транспортування зрізаної стружки та фрагментів наростів).

### 2. Аналіз досліджень і публікацій по темі статті

Конструкція стандартних гвинтових свердел ГОСТ 19548-98 довгої і подовженої серії під час свердлування глибоких отворів в корпусних деталях з різних матеріалах, має ряд конструктивних недоліків, тобто вузький діапазон зміни окремих параметрів ріжучих інструментів рекомендованих стандартом, що в цих свердлах заважає своєчасному видаленню елементів стружки та фрагментів наростів із зони обробки і створення найбільш сприятливих умов стружко утворення в зоні різання. Рекомендоване стандартом полірування утворюючої поверхні стружкових канавок не дає бажаного результату, щодо підвищення стійкості гвинтових свердел довгої та подовженої серіях. Так як через нестачу ЗОТС в зоні

різання, в умовах великого тиску та підвищених значеннях температури, на ріжучих крайках інструменту йде активний процес утворення, зростання і зриву наростів, зростає вплив сил адгезії та механічної взаємодії. Все це в кінцевому підсумку ускладнює відведення стружки і викликає її запресовування (пакування) в стружкових канавках.

Перші ознаки порушення стабільної роботи свердел з'являються при досягненні глибини обробки отвору більше  $3,5d$ , проявляється це в різкому збільшенні крутного моменту, що і підтверджується даними робіт [1]. Крім цього, все вище перераховане, призводить до збільшення довжини контакту стружки з передньою поверхнею інструменту та обробленою поверхнею отвору, зміни характеру стружки і прискореного зносу інструменту. В цих умовах, як наслідок зростає дія фізичного явища, що має назву пакування стружки, що в свою чергу призводить до частих поломок (руйнування) гвинтових свердел довгої та подовженої серій при досягненні глибини отвору  $\sim (4...5) d$  (рис. 1) за рахунок закупорки стружкових канавок, появи «миттєвої подачі» та розкручування гвинтової частини ріжучого інструменту.



**Рис. 1** – Схема утворення пакетів стружки і виміру температури при обробці глибоких отворів в алюмінієвих сплавах (а) та зовнішні прояви цього явища:

1 – фрагменти елементарної стружки і частинок інструменту; 2 – залишок вершини гвинтового свердла;

3 – деталь, що обробляється; 4 – щільні пакети стружки; 5 – зливна стружка; I – ділянка зони різання і утворення зливний стружки з фрагментами наростів;

II – ділянка утворення «пухких пакетів» стружки;

III – ділянка утворення «щільних пакетів» стружки

цьому сили адгезії сприяють виникненню наростів оброблюваного матеріалу на передніх поверхнях ріжучого інструменту (рис. 1) в зоні різання (ділянка I). Тому при відсутності ЗОТС в зоні різання, процес виникнення, зростання і руйнування наносів йде постійно, відповідно до елементів стружки, що вірізається додаються, ще і фрагменти наростів.

- нарости виникають в результаті не тільки адгезійної, але і механічної взаємодії (при заклинювання невеликих обсягів матеріалу, що обробляється, в при контактному шарі інструментального матеріалу, тобто в мікро нерівностях передньої поверхні стружкових канавках інструменту), і в умовах дії високих температур та великих контактних напруг. Вони мають властивість періодично зриваються взаємодіючи при цьому з елементами зливний стружки. Отримані в процесі різання елементи стружки і фрагменти наростів при

### 3. Викладання основного матеріалу

Механізм руйнації стандартних гвинтових свердел довгої та подовженої серій в цих умовах здійснюється за наступною схемою:

- адгезійна взаємодія на контактних поверхнях гвинтових свердел при досягненні глибини отвору  $4...5d$  призводить до циклічних навантажень, дестабілізує осьову силу ( $P_z$ ) і крутний момент ( $M_{кр}$ ), коефіцієнт тертя ( $\mu_\alpha$ ) в зоні контакту ріжучого інструмента та заготовки, а також інші фізичні параметри процесу різання. При

## Верстати та інструменти

---

зростаючому впливі сил адгезії і механічного взаємодії починають утворювати "пухкі пакети" (рис. 1) в зоні обробки (ділянка II). Крім цього поява "пухких пакетів" веде до збільшення задирак на обробленій поверхні отвору, схоплюванню з матеріалом заготовки та інструменту, і як наслідок призводить до подальшого гальмування і ущільнення пакетів стружки (рис. 1) в зоні обробки (ділянка III). У цій зоні через малу швидкість переміщення "пухких пакетів" (відносно передньої поверхні свердла і поверхні отвору, що утворюється) при підвищеній температурі та в умовах високого тиску, стружка взаємодіє з матеріалом заготовки на оброблених стінках отвору і матеріалом інструменту, при цьому пакети з елементів стружки та фрагментів наростів, ще більш загальмовуються і зупиняються. Відбувається ущільнення "пухких пакетів" за рахунок інших надходжень з зони різання стружки. У слідстві чого відбувається закупорка стружкових канавок гвинтових свердел, в наслідок чого відбувається різке зростання моменту тертя і крутного моменту, що превалює над межею міцності і осьової жорсткістю свердла. Після чого настає так зване "розкручування" гвинтової частини свердла, коли воно раптово збільшується уздовж своєї осі, викликаючи появу такого явища, як «миттєва подача». В наслідок чого відбувається руйнування ріжучого інструменту в районі устя отвору. Підтвердженням явища «миттєвої подачі» служить наявність на дні отвору великого кореня стружки (рис. 2), що має коефіцієнт потовщення в 2...3 рази більше, ніж у стружки, що отримана при свердлінні неглибоких отворів.

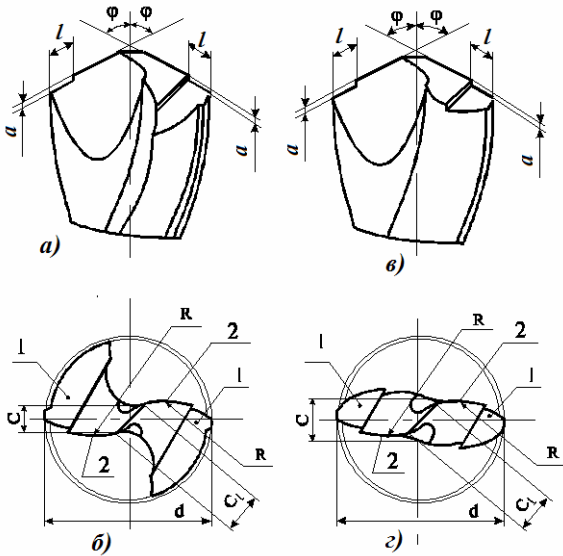
Для усунення шкідливих впливів адгезійних і механічних взаємодій інструментального та оброблюваного матеріалів при обробці глибоких отворів в алюмінієвих сплавах, необхідно усунути явище пакетування стружки в стружкових канавках. При цьому шкідливий вплив адгезійної взаємодії інструментального і оброблюваного матеріалу вирішують двома способами:

- застосуванням на ріжучій частині гвинтових свердел елементів для дроблення стружки одержуваної в процесі різання, що відповідає даним робіт [2, 3];
- поліруванням утворюючої поверхні стружкових канавок, за даними роботи Єремєєвій Н. М. [4].

Усунути шкідливий вплив сил адгезії можна також за рахунок зміни умов в зоні різання і обробки, температурного режиму, тобто застосування зносостійких тонких покриттів нітриду (КОН TiN 10 вив.) або карбіду (КОН TiC 10 вив.) титана, за даними роботи Пархоменко В. Д. і ін. [5].

Застосування всіх цих методів окремо не приносить хороших результатів під час свердління глибоких отворів в алюмінії. Тому для вирішення цих завдань є розроблена принципово нова заточка вершини гвинтового свердла (рис. 3), за даними роботи [6], яка дозволяє свердлити глибокі отвори в алюмінієвих сплавах по "безвиводної" технології або за один прохід інструменту на всю довжину отвору.

Конструкція свердел, що представлені на рис. 2, мають наступні елементи підшліфовану серцевину і головні різальні крайки свердел, що мають в поперечному перерізі випуклу (радіусну) форму  $R = (2...3)d$ , де  $d$  – діаметр свердла. Підточену головну різальну  $c_1$  крайку на кожному зубі з розміром: глибина підточування  $a = (0,1...0,15)d$ , довжиною  $l = 1/3$  (довжини головної різальної крайки).



**Рис. 3** – Форма заточки вершини гвинтового свердла з елементами дроблення стружки для звичайної конструкції (а, б) та спеціального свердла для глибокого свердлення (в, г):  
 $a$  – глибина підточування;  $l$  – довжина підточування;  $d$  – діаметр свердла;  $c$  – діаметр серцевини свердла;  $c_1$  – довжина поперечної ріжучої кромки;  $R$  – радіус випуклої ріжучої кромки;  $\varphi$  – кут при вершині свердла;  
 1 – поверхня, що підточується; 2 – головна різальна окрайка  
 протікають в зоні обробки і знижують ймовірність поломок гвинтових свердел.

#### Список використаних джерел:

1. Синельщиков А. К. Производительная обработка отверстий длиной 3-7d спиральными сверлами / А. К. Синельщиков, Г. В. Филиппов // Современная обработка металлов и неметаллов резанием. – М., 1973. – С. 35-37.
2. Кожевников Д. В. Сверление глубоких отверстий спиральными сверлами малых диаметров / Д. В. Кожевников // Прогрессивные технологические процессы в машиностроении : сб. науч. тр. – Томск : Изд-во ТПУ, 1997. – 158 с.
3. Губанов А. А. Образование стружкоразделительных канавок на сверлах для глубокого сверления / А. А. Губанов // Станки и инструмент. – 1970. – № 12. – С. 39-40.
4. Еремеева Н. М. Сверла / под ред. М. Т. Галея, Н. М. Еремеева. – М. : Машгиз, 1954. – 104 с.
5. Пархоменко В. Д. Адгезионные свойства покрытий из нитрида сформированных магнетронным реактивным распылением титана на металлокерамику / В. Д. Пархоменко, Г. Н. Сердюк и др. // Украинский химический журнал. – 1993. – № 7. – С. 706-711.
6. Дрожжин В. И. Повышение эффективности обработки глубоких отверстий в алюминиях спиральными сверлами малого диаметра / В. И. Дрожжин, В. П. Маршуба // Резание и инструмент в технологических системах : междунар. науч.-техн. сб. – Харьков : ХГПУ, 1998. – Вып. 52. – С. 81-87.

#### References

1. Sinyeltchikov, A & Filippov, G 1973, 'Proizvoditelnaia obrabotka otverstii dlinoi 3-7d spiralnymi sverlami', *Sovremennaiia obrabotka metallov i nemetallov rezaniem*, pp. 35-37.
2. Kozhevnikov, D 1997, 'Sverleniye glubokikh otverstii spiralnymi sverlami malyykh diametrov', *Progressivnyye tekhnologicheskkiye protsessy v mashinostroyenii*, Izd-vo TPU, Tomsk.
3. Gubanov, A 1970, 'Obrazovaniye struzhkorazdelitelnykh kanavok na sverlakh dlia glubokogo sverleniia', *Stanki i instrument*, no. 12, pp. 39-40.
4. Eremeeva, N & Galeia, M 1954, *Sverla*, Mashgiz, Moskva.
5. Parhomenko, V 1993, 'Adgezionnyye svoystva pokrytii iz nitrida sformirovannykh magnetronnym reaktivnym raspyleniem titana na metallokeramiku', *Ukrainskii khimicheskii zhurnal*, no. 7, pp. 706-711.
6. Drozhzhin, V & Marshuba, V 1998, 'Povysheniye effektivnosti obrabotki glubokikh otverstii v aliuminiiaakh spiralnymi sverlami malogo diametra', *Rezaniye i instrument v tekhnologicheskikh sistemakh*, iss. 52, pp. 81-87.

Стаття надійшла до редакції 17 листопада 2017 р.

#### Висновки

1. Можливість зниження шкідливого впливу адгезійної та механічної взаємодії за рахунок застосування тонких зносостійких твердих покриттів з нітриду і карбиду титану (КОН TiN 10 вив. і КОН TiC 10 вив.). Що наносяться на ріжучу частину спірального свердла, так як зносостійкі покриття знижують вплив сил адгезії в 1,5 рази.

2. Можливість зниження шкідливого впливу механічної взаємодії за рахунок застосування полірування утворюючої поверхні стружкової канавки в гвинтового свердла, так як полірування знижують вплив механічної взаємодії на 30 %.

3. Для зниження процесу наросто утворення і зменшення фрагментів стружки, а також для усунення процесу утворення пакетів в стружкових канавках, необхідно на ріжучій частині інструменту по передній і задній поверхні утворювати елементи для дроблення стружки, які дозволяють підвищити глибину обробки отворів до 10...15d і стійкість різального інструментів до 40%.

4. Застосування вище перерахованих методів і способів дозволяють зменшити кількість ЗОТС, необхідне для охолодження, а в ряді випадків повністю від нього відмовитися. Крім цього, такі покращення конструкції ріжучого інструменту, спрямовані на зниження шкідливого впливу фізичних явищ, що