

УДК 621.9

**ОБРОБКА ГЛИБОКИХ ОТВОРИВ: ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ПРОЦЕСИ РІЗАННЯ,
ЗАГАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ТА ТЕНДЕНЦІЇ ЇХ ВИРІШЕННЯ**

©**Маршуба В. П.**

Українська інженерно-педагогічна академія

Інформація про автора:

Маршуба В'ячеслав Павлович: ORCID: 0000-0003-1426-6240; marshuba_vp@mail.ru; кандидат технічних наук; доцент кафедри інформаційних комп'ютерних і поліграфічних технологій; Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська, 16, м. Харків, 61003, Україна.

Метою даної роботи було визначення основних напрямків досліджень процесу різання при обробці глибоких отворів і визначення основних переваг конструкцій ріжучих інструментів та їх недоліків в процесі обробки, способів обробки, пошук необхідних рішень щодо усунення проблем пов'язаних з даною обробкою. На основі проведеного аналізу визначити перспективи нових напрямків досліджень.

Проведений аналіз літературних джерел з даної теми показав, що сучасний підхід до визначення різних показників процесу різання при обробці глибоких отворів заснований на визначенні подій макрорівня і зовсім не враховує дію фізико-хімічних явищ на мікро рівні. Це пов'язано з недосконалістю інструментальних методів контролю і суб'єктивністю підходів до розгляду даної теми.

В результаті проведених досліджень і аналізу літературних джерел було встановлено, що нестабільність процесу різання, викликана найрізноманітнішими факторами, в які входять, як об'єктивні, так і суб'єктивні чинники. Виходом із ситуації є створення нової методики досліджень з виходом на новий рівень досліджень з урахуванням дії фізико-хімічних явищ на мікро рівні.

Ключові слова: глибокий отвір; якість обробки; дослідження; методи рішень.

Маршуба В. П. «Обработка глубоких отверстий: физико-химические процессы, общие проблемы и тенденции их решения».

Целью данной работы было определение основных направлений исследований процесса резания при обработке глубоких отверстий и определение основных достоинств конструкций режущих инструментов и их недостатков в процессе обработки, способов обработки, поиск необходимых решений по устранению проблем связанных с данной обработкой. На основе проведенного анализа определить перспективы новых направлений исследований.

Проведенный анализ литературных источников по рассматриваемой теме показал, что современный подход к определению различных показателей процесса резания при обработке глубоких отверстий основан на определении событий макро уровня и совсем не учитывает действие физико-химических явлений на микро уровне. Это связано с несовершенством инструментальных методов контроля и субъективностью подходов к рассмотрению данной темы.

В результате проведенных исследований и анализа литературных источников было установлено, что нестабильность процесса резания, вызвана самыми разнообразными факторами, в которые входят, как объективные, так и субъективные факторы. Выходом из создавшейся ситуации является создание новой методики исследований с выходом на новый уровень исследований с учетом действия физико-химических явлений на микро уровне.

Ключевые слова: глубокое отверстие; качество обработки; исследования; методы решений.

Marshuba V. “Treatment of deep holes: physic-chemical processes, common problems and tendencies of their solutions”.

The aim of this work was to identify the main lines of research of the cutting process when machining deep holes and identifies the key benefits of the design of cutting tools and their limitations treatment, treatment techniques; identify the appropriate solutions to eliminate the problems associated with this treatment. Based on the conducted analysis to determine the prospects of new areas of research.

Analysis of the literature on the topic has shown that the existing approach to the definition of various indicators of the cutting process when machining deep holes on the basis of the definition of events at the macro level and does not take into account the impact of physical and chemical phenomena at the micro level. This is due to the imperfection of the instrumental methods of control and subjective approaches to the study subjects.

In the study and analysis of literary sources it was found that the instability of the cutting process, due to various factors, which include both objective and subjective factors. The solution to this situation is the creation of a new method of research with regard to the actions of physico-chemical phenomena at the micro level.

Key words: deep hole; the quality of treatment; research; methods of making.

1. Постановка проблеми в загальному вигляді

Як відомо отримання каналів глибоких отворів є збірним поняттям, тобто такий вид отримання отворів, який застосовується для обробки різанням з головним круговим рухом інструменту, причому рух подачі інструменту здійснюється уздовж осі його обертання, яка зберігає своє положення щодо інструмента і заготовки. Тобто цім вимогам відповідають наступні види обробки поверхонь – свердління або розсвердлювання.

Згідно з цим визначенням до інших видів отримання глибоких отворів також відносять другі види, які вживають для цього, наприклад: для формоутворення поверхонь, серед яких: зенкерування, чорнове розточування і попереднє розгортання; для поліпшення якості поверхні, зокрема: чистове і комбіноване розточування, чистове розгортання, хонінгування, розкочування та полірування; для підвищення розмірної точності вже отриманих отворів: розгортання, чистове розточування, хонінгування, розкочування.

Розглянуті вище види обробки застосовують при виконанні глибоких отворів в різноманітних матеріалах в широкому діапазоні їх діаметрів та глибин. Але ж при цій обробці існує цілий ряд технологічних проблем, що притаманні тільки обробці глибоких отворів. Такі проблеми пов'язані з фізичною та хімічною сутністю природи взаємодії між собою різних тіл та середовищ в умовах тривалої дії підвищених температур при високих питомих тисках, та відрізняються від других видів обробки, тощо.

2. Аналіз досліджень і публікацій за темою статті

В наступний час існують декілька напрямків досліджень виконаних різними авторами, які спрямовані на вирішення проблем, що притаманні обробці глибоких отворів. Подолання перешкод здійснюється шляхом приросту продуктивності обробки матеріалів, підвищенням якості та точності продукції, що виготовляється та зниженням собівартості обробки за рахунок керування процесом різання та вдосконалення самого процесу.

Розглянемо лише деякі напрямки досліджень процесу обробки глибоких отворів, так як в умовах однієї статті не можливо об'єднати всі різноманітні дослідження та вказати їх переваги і недоліки:

1. Основним напрямком досліджень необхідно вважати дослідження [1], які

Верстати та інструменти

направлені на визначення фізико-хімічної природи взаємодії різних контактних пар матеріалів (різального інструменту та матеріалу, що обробляється), їх міцності та схильності до адгезії (в перше чергу стосується матеріалу, що обробляється), твердості і зносостійкості (в перше чергу стосується матеріалу різального інструмента), тощо.

2. Вплив на процес різання матеріалів навколишнього середовища [2]: зниження температури в зоні різання та зоні обробки; транспортування стружки та елементів руйнування контактних матеріалів із зони різання та обробки; зниження адгезійної та механічної складових сили тертя [3]; вплив на процеси хімічного перетворення ювенільних поверхонь, що утворюються при обробці отворів, тощо.

3. Керування технологічними процесами [4, 5], що впливають на процес обробки отворів: фізико-хімічними процесами при зрізуванні тонких шарів матеріалу, що обробляється; дроблення та транспортування стружки в каналах отвору та інструменту; якістю та необхідної точності поверхонь отворів, що оброблені, тощо.

4. Автоматизація процесу обробки глибоких отворів та керування верстатами по граничним критеріям, що визначаються критеріями міцності і стійкості різального інструменту та елементів верстатів [6, 7], створення систем стабілізації силових параметрів процесу обробки глибоких отворів [8], що є доцільністю досягнення бажаної собівартості обробки продукції, що виготовляється.

Виходячи з наступних підходів до розв'язання технологічних проблем, що пов'язані з обробкою глибоких отворів розглянемо більш детально всі напрямки досліджень.

3. Виклад основного матеріалу

При літературному дослідженні напрямків експериментів по підвищенню ефективності різноманітної обробки глибоких отворів різних діаметрів, що виконані різними авторами, в широкому діапазоні їх діаметрів та глибин, необхідно визначити переваги та недоліки основних напрямків:

1. Основні проблеми обробки глибоких отворів пов'язані з процесом перетворення поверхневого шару заготовки в стружку, який супроводжується інтенсивним тепловиділенням під дією ряду фізичних явищ і взаємодією між ними. До цих явищ, зокрема, необхідно віднести наступні: пластична деформація поверхневої частини матеріалу під дією питомого тиску з подальшим зрушенням цієї частини, щодо основної маси; опір матеріалу заготовки зрушенням під впливом питомого тиску; дію сили тертя по передній і задній поверхні різального інструменту та інші основні фактори, що характеризують процес різання.

Визначення фізико-хімічної природи взаємодії різних контактних пар матеріалів пов'язано з тенденцією по визначенню впливу одного матеріалу на інший, в умовах високого питомого тиску та підвищених температур. З цієї тенденції виникла технологічна проблема, яка пов'язана з проблемами пакетування стружки в стружковивідних каналах інструменту, недостатній жорсткості, особливо малих діаметрів, і проблем з підведенням змашувально-охолоджуючого технологічного середовища (ЗОТС) в зону різання. Тому вирішення задачі по видаленню стружки з каналу отворів є першочерговим питанням для вирішення даної проблеми. З проведеного аналізу дослідних робіт різних авторів, присвячених проблемі обробки матеріалів різанням, зокрема, з проблеми утворення пакетів стружки в стружкових каналах різального інструменту, в тому числі і роботах автора, зафіксовано появу такого фізичного явища, як «пакетування стружки», яке є похідним від закономірностей взаємодії різних явищ між собою.

Це складну теплову взаємодію прийнято називати температурою різання, тобто це поняття відображає в якійсь мірі взаємодія між фізичними явищами, і використовується при

описі характеристик процесу різання, як в цілому, так і зокрема. Для подолання негативних явищ при обробці різних матеріалів, викликаних взаємодією фізичних явищ, на даному етапі намітилася тенденція зміни існуючих технологій, шляхом застосування нових конструкцій ріжучих інструментів, принципово відмінних від вже існуючих.

Основною тенденцією розвитку високих технологій в машинобудуванні, пов'язану з нашим питанням, можна назвати підвищену увагу в останні десятиліття до створення оптимізованих ріжучих інструментів, режимів різання і інструментальних матеріалів, пристосованих до обробки різних матеріалів.

Однак дослідження закономірностей взаємодії фізичних явищ між собою, що впливають на ефективність механічної обробки отворів в різних матеріалах, ускладнено через багатofакторність процесу, складних математичних розрахунків пов'язаних з цим, і не постійністю взаємодії даних явищ між собою. Крім цього, вище перераховані труднощі пов'язані з необхідністю обробки величезних обсягів інформації, що до появи комп'ютерів було фізично неможливо. Тому до недавнього часу дослідження велися лише по окремим фізичним явищам, або за їх взаємодіям невеликими групами.

До теперішнього часу дослідженнями даної складної наукової проблеми з урахуванням закономірностей взаємодії від всіх фізичних явищ в повному обсязі не займалися через складність математичного опису даної проблеми, проте по окремих частинах цієї задачі проведено велику кількість дослідницьких робіт, які в сукупності охоплюють всю проблему в цілому. Крім цього багато робіт перегукуються між собою, доповнюють або спростовують одне, друга. Отже, якщо враховувати сукупність великого обсягу дослідних робіт, присвячених даній науковій проблемі, то можна з повною впевненістю стверджувати, що дане питання досліджений практично в повному обсязі. Однак загальна картина закономірностей взаємодії всіх фізичних явищ в процесі різання відсутня. Тому для отримання повної і всебічної картини процесу різання необхідно об'єднати всі розрізнені результати досліджень в єдине ціле, що до теперішнього часу було неможливо з ряду об'єктивних і суб'єктивних причин, пов'язаних з багатofакторністю процесу різання матеріалів.

2. Вплив навколишнього середовища на процеси обробки глибоких отворів неоднозначний, з однієї сторони це позитивна сторона, тобто відведення теплоти з зони різання та обробки, транспортування стружки та її фрагментів з зони різання, з іншої негативна – застосування ЗОТС, яке впливає негативно на навколишнє оточення, тобто воно його забруднює. В світлі тенденції, що намітилась в наступний час у виробництві, про позбавлення з процесу обробки ЗОТС, тобто його проведення «насухо», відповідні дослідження в цьому напрямку практично припинились. А всі зусилля, що зараз проводяться по дослідженню впливу ЗОТС, направлені на лише на зменшення негативного впливу її на навколишнє середовище, і не стосуються проблем, що пов'язані з обробкою глибоких отворів в різноманітних матеріалів, тому слід їх продовжити, беручи до уваги всі негативні наслідки.

3. Керування процесами, що впливають на процес обробки отворів, наприклад дроблення та транспортування стружки в каналах отвору та інструменту по даним робот В.В. Данилевського забезпечує вібраційне різання (В.р.). Тобто спосіб обробки металу різанням, що характеризується тим, що інструменту поряд з основним рухом повідомляється додаткове коливальний рух щодо заготовки. Найчастіше В.р. застосовують для дроблення стружки, для обробки важкооброблюваних матеріалів (нержавіючих і жароміцних сталей, кольорових

Верстати та інструменти

металів та їх сплавів, що мають схильність до підвищеної адгезії і ін.).

Для дроблення стружки використовують низькочастотні вібратори з частотою вимушених коливань не більше 50 гц. При постійних умовах обробки з невеликими зусиллями різання для отримання вібрацій можуть бути також використані автоколивання, що викликаються самим процесом різання.

Для В.р. важкооброблюваних матеріалів застосовують вібратори з частотою задаються коливань понад 100 гц. Силовим кінематичним зв'язком між супортом і вібратором служить стовп робочої рідини. Це підвищує довговічність високочастотного вібратора, оскільки виключає підшипники, шарніри та ін. Деталі, які зазвичай швидко зношуються. Такі вібросупорти мають невеликі габарити, але створюють значні корисні зусилля, так як мають високу питому потужність.

При В.р. дроблення стружки можливо здійснювати з накладення коливань в осьовому напрямку (у напрямку подачі); ефективна і надійна дія яких досягається при обробці поверхні по 5...6-класам чистоти при заданій точності обробки та стійкості інструменту. Основні особливості В. р. з осьовими коливаннями: велика зміна товщини зрізу за один цикл коливання інструменту, велика зміна кута різання при незначній зміні швидкостей різання.

При В.р. накладення коливань з метою поліпшення оброблюваності може здійснюватися також у тангенціальному напрямку, тобто це підвищує окружну складову швидкості різання. Використання тангенціальних вібрацій супроводжується періодичним зростанням окружної швидкості з перемінним впливом на шар, що зрізується при практично незмінних перетинах зрізу, подачі і глибині різання.

Вібраційне різання в порівнянні зі звичайним має такі переваги: забезпечує стійке дроблення стружки на окремі елементи, знижує опір металу деформуванню і ефективну потужність різання. При вібраційному різанні не утворюються наріст на різальному інструменті і задири на обробленій поверхні, проте в деяких випадках стійкість інструменту дещо знижується.

Проте застосування В.р. має також негативні наслідки, тобто при різанні матеріалів швидко зношується ріжучий інструмент в наслідок більш частішого вривання (удар) в заготовку.

4. Низька жорсткість інструменту та нестабільність протікання процесу через неоднорідність якості оброблюваного матеріалу, трудність подачі ЗОТС у зону різання, складні умови стружковиведення, зростання температури у зоні різання з збільшенням глибини обробки, призводять до виникнення багато чисельних дефектів обробки, поломкам інструменту, зростанню процента браку, зниженню продуктивності і надійності операції.

Рішення комплексної задачі керування режимами обробки ускладнюється тим, що у процесі обробки деталі, інструмент та вузли станка являють собою складну динамічну систему, для аналізу поведінки якої необхідно проведення цільових теоретичних і експериментальних досліджень.

Системи керування з жорстко запрограмованим режимом роботи залишаються досить ефективним засобом автоматизації, однак недосконалість методів обрахунку, нестабільність характеристик інструменту, варіації фізико-механічних властивостей оброблюваних матеріалів і ряд інших змінних факторів призводять, при використанні систем з жорстко заданим циклом роботи, до неконтрольованих змін силового та теплового навантаження на інструмент і нераціонального використання його ресурсу.

Розвиток промислових мікропроцесорних засобів автоматизації дозволяють реалізувати досить складні закони керування і істотно підвищити гнучкість автоматизованого обладнання, обумовлює можливість створення систем керування процесом обробки глибоких отворів на принципово новому рівні.

Висновки

Виходячи з перерахованого вище можливо зробити наступні висновки:

1. Процес зрізання поверхневого шару матеріалу, що обробляється, є досить складним, з-за дії цілої низки факторів, як постійних (температура, тиск та ін.) так змінних (вібрація, зрізання елемента стружки та ін.). Природа дії таких факторів обумовлена фізико-хімічною сутністю процесів, що супроводжують процес різання.

2. Так, як дія деяких факторів (зрізання поверхневого шару) в процесі різання носить змінний характер, тому вони дестабілізують сам процес, роблять його не стабільним, тобто роблять процес періодичним.

3. Неможливість забезпечення стабільності вихідних показників (однорідність матеріалу, що обробляється та ін.) ще більш ускладнює процес дослідження та збільшує їх собівартість.

4. З-за великої кількості змінних факторів дослідження процесу різання необхідно проводити досить велику кількість опитів, але ж це дає тільки середнє статичний результат, що також впливає на доцільність випробувань. Крім того деякі напрямки досліджень в якійсь мірі дублюють одне одного.

5. В наслідок перерахованих вище недоліків досліджень процесу різання існує досить велика кількість напрямків досліджень процесу обробки глибоких отворів, що також ускладнює визначення єдиної методики проведення експериментів. Крім, того кожен з цих напрямків, не охоплює весь комплекс досліджень процесу різання в цілому, а особливо складову їх частину, а саме обробку глибоких отворів в цілому, тому необхідно створити новий більш наближеній шлях досліджень, який враховуватиме доцільність проведення всього комплексу при визначенні необхідних елементів досліджень.

6. Крім усього, що перераховано вище, необхідно перенести частину досліджень процесу різання з макрорівня до мікроміру, що здасть можливість поєднати різні напрямки досліджень та виведе їх на новий рівень.

Список використаних джерел:

1. Панасюк В. В. Формування нового наукового напрямку – фізико-хімічна механіка матеріалів / В. В. Панасюк // *Фізико-хімічна механіка матеріалів*. – 2010. – Т. 46. – № 2. – С. 9-20.
2. Лоладзе Т. Н. Прочность и износостойкость режущих инструментов / Т. Н. Лоладзе – М. : Машиностроение, 1982. – 320 с.
3. Маршуба В. П. Причины внезапного отказа режущего инструмента при глубоком безвыводном сверлении отверстий на агрегатных станках / В. П. Маршуба // *Вестник науки и техники / Национальный технический университет «ХПИ»*. – Х., 2004. – №1 (16). – С. 12-18.
4. Грановский Г. И. Резание металлов / В. Г. Грановский. – М. : Высш. школа, 1985. – 304 с.
5. Бобров В. Ф. Основы теории резания металлов / В. Ф. Бобров. – М. : Машиностроение, 1975. – 344 с.
6. Левченко О. І. Підвищення ефективності автоматизованого процесу свердлення глибоких отворів : автореф. дис... канд. техн. наук: 05.13.07. / О. І. Левченко ; Севастоп. держ. техн. ун-т. — Севастополь, 2001. — 18 с.
7. Рябов С. А. Управление станками и станочными комплексами / С. А. Рябов ; Кузбасский гос. техн. ун-тет им. Т. Ф. Горбачева. – Кемерово, 2012. – 130 с.
8. Управление станками и станочными комплексами : учебник для вузов / Б. М. Бржозовский, В. В. Мартынов, П. Ю. Бочкарев и др. ; под ред. В. В. Мартынова. – Старый Оскол : ТНТ, 2011. – (Тонкие наукоемкие технологии). – 387 с.

References

1. Panasiuk, V 2010, 'Formation of a new scientific direction – physicochemical mechanics of materials', *Fizyko-khimichna mekhanika materialiv*, vol. 46, no. 2, pp. 9-20.
2. Loladze, T 1982, *Prochnost i iznosostoykost rezhushchikh instrumentov*, Mashinostroyeniye, Moskva.
3. Marshuba, V 2004, 'Prichiny vnezapnogo otказа rezhushchego instrumenta pri glubokom bezvyvodnom sverlenii otverstiy na agregatnykh stankakh', *Vestnik nauki i tekhniki. Natsionalnyy tekhnicheskyy universitet "KhPI"*, no. 1 (16), pp. 12-18.
4. Granovskiy, G 1985, *Rezaniye metallov*, Vyssh. shkola, Moskva.
5. Bobrov, V 1975, *Osnovy teorii rezaniya metallov*, Mashinostroyeniye, Moskva.
6. Levchenko, O 2001, 'Pidvyshchennia efektyvnosti avtomatyzovanoho protsesu sverdlennia hlybokyykh otvoriv', *Kand.tekh.n. abstract, Sevastopolskiy derzhavnyi tekhnichnyi universytet, Sevastopol*.
7. Ryabov, S 2012, *Upravleniye stankami i stanochnymi kompleksami*, Kuzbasskiy gossudarstvennyy tekhnicheskyy universitet imeni T. F. Gorbacheva, Kemerovo.
8. Brzhozovskiy, V, Martynov, V, Bochkaev, P & Skhirtladze, A 2011, *Upravleniye stankami i stanochnymi kompleksami*, TNT, Staryy Oskol.

Стаття надійшла до редакції 04 квітня 2016 р.