

УДК 621.795

**В.М. Пестунов, канд. техн. наук, проф., В.В. Свяцький, канд. техн. наук,
С.В. Придворова, магістрант**

Кіровоградський національний технічний університет

Механізми розвантаження інструменту при свердленні глибоких отворів

Наведено схеми розвантаження свердла, що основані на використанні комбінованої обробки „різання – пластична деформація” і підведенням мастильно-охолодного технічного засобу з надлишковим тиском. Способи вирішують задачі зниження складових технологічного навантаження і дозволяють розширити технологічні можливості процесу свердління по глибині обробки.
глибоке свердлення, розвантаження, різання, деформування, стійкість, жорсткість, ефективність

Обробка глибоких отворів є трудомісткою технологічною операцією. На практиці чималу проблему представляє свердлення глибоких отворів малих діаметрів в матеріалах, які важко обробляти. Рішення задач підвищення продуктивності обробки і збільшення граничної глибини свердлення тісно пов'язане з раціональним вибором параметрів свердла і умов його експлуатації [1].

Як правило, процес свердлення глибоких отворів виконують на спеціальних або агрегатних верстатах за допомогою пристрою, що містить свердло, встановлене на трубчастому стеблі з каналами для відведення стружки і мастилоприймачем системи подачі мастильно-охолодного технічного засобу (МОТЗ) під тиском. В процесі обробки стебло свердла знаходиться під впливом осьової складової сил різання, що приводить до його подовжнього вигину і, отже, зниженню точності обробки і стійкості інструменту.

Розвантаження стебла свердла при глибокому свердлінні можливе шляхом застосуванням комбінованих методів обробки отворів або використання ефекту підведення МОТЗ з надлишковим тиском. Проведеними дослідженнями [1] встановлено, що такі процеси механічної обробки мають більші резерви підвищення ефективності обробки глибоких отворів в порівнянні із традиційними методами.

Дані досліджень [2] обробки отворів комбінованими інструментами показали, що принципово змінюється характер процесу різання. Додаткові леза комбінованого інструмента сприяють ущільненню поверхневого шару металу і згладжуванню мікронерівностей, що утворюються в процесі різання. Відбувається зміна структури поверхневого шару і створюються сприятливі умови для покращання чистоти поверхні, яку оброблюють.

При цьому використання комбінованого інструмента істотно не впливає на величину осьової складової технологічного навантаження. Крутний момент технологічного навантаження збільшується несуттєво: ця величина не перевищує 20% від номінального значення. Точність обробки отворів і стійкість інструмента при цьому підвищується. При оптимальній взаємодії інструмента з поверхнею обробки технологічні складові частково або повністю можуть компенсувати навантаження кінематичних ланцюгів формоутворення. Така компенсація навантаження є особливо важливою в процесах обробки глибоких отворів, де передача значних технологічних навантажень через стебло інструмента надзвичайно обмежена.

Дослідженнями [3] встановлено, що найбільш ефективною формою поперечного

перерізу стебла свердла для глибокого свердління є кільцевий переріз, що забезпечує найкращу стійкість при передачі крутного моменту і осьової сили. При переході від V-подібного перерізу гарматного свердла до свердла кільцевого перерізу за інших рівних умов розрахункове значення стійкості по Ейлеру збільшується приблизно в три рази [5]. Крім цього використання кільцевих перерізів стебла свердла дає можливість використовувати зовнішнє підведення МОТЗ і внутрішнє відведення стружки.

Проведені дослідження і узагальнення опублікованих робіт [1 – 7] є основою для розробки схеми комбінованої обробки глибоких отворів із взаємною компенсацією складових технологічного навантаження. Однопотокова функціональна залежність навантаження привода подачі разом із приводом головного руху у відповідності зі структурою схемою, що наведена в [6], є основою для розробки принципово нових способів комбінованої обробки. За механізм зазначеної функціональної залежності можуть виступати інструмент і заготовка, що оброблюється, і які взаємодіють в процесі обробки.

Схема розвантаження свердла, що основана на використанні комбінованої обробки „різання – пластична деформація”, застосована для свердління глибоких отворів. Схема процесу наведена на рис. 1. Інструмент комбінованої обробки глибоких отворів (рис. 1) складається з різцевої головки 1, встановленої на корпусі 2 і напрямної 3 з роликми 4, що розташовані між стінкою 5 отвору, який оброблюється, і гвинтовим замкнутим пазом 6 напрямної 3. Напрямна 3 може бути виконана у вигляді двох конусних кілець 7, закріплених на корпусі 2 гайкою 8.

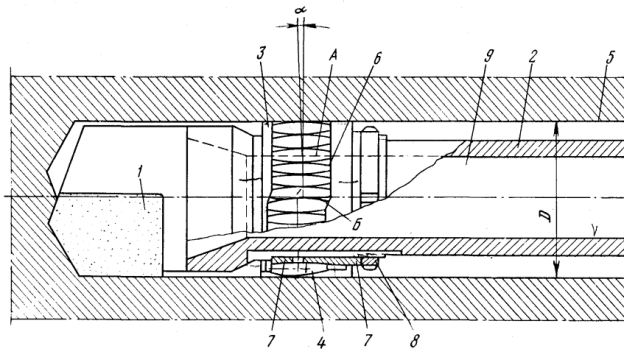


Рисунок 1 – Свердло для глибокого свердління із самоподачею

Гвинтова поверхня паза 6 на ділянці *A* виконана з кутом підйому α , що визначається з умови $\operatorname{tg} \alpha \geq S_0 / \pi D$, де S_0 – подача на оберт; D – діаметр отвору. Гвинтовий паз змикається на ділянці *B*, виконаної з більшою глибиною ніж на ділянці *A*. Корпус 2 має осьовий канал 9 для відводу МОТЗ.

При обробці глибоких отворів комбінованим інструментом деталі або інструменту надають відносно обертання і рух подачі. МОТЗ подається в кільцевий зазор між корпусом 2 і отвором 5. Відпрацьована рідина разом зі стружкою виводиться через осьовий канал 9. Між роликми 4 і поверхнею отвору 5 створюється натяг за допомогою гайки 8, що зближує конічні кільця 7. Це дає змогу при взаємному обертанні деталі і інструмента роликми 4 перекичуватись по поверхні отвору 5 і по кільцях 7. Так як конічна поверхня кілець на ділянці *A* виконана гвинтовою, роликми 4 відносно отвору 5 рухаються по гвинтовій лінії, долаючи осьову складову сил різання, і надають інструменту переміщення в напрямку подачі. Повернення роликів 4 здійснюється на ділянці *B* конічних кілець 7, що виконані тут з більшою глибиною, завдяки чому роликми 4 не контактують з поверхнею отвору 5 і можуть вільно повертатися у вихідне положення на ділянці *A*.

Натяг між роликками 4 і отвором 5 забезпечується гайкою 8, що зближає кільця 7, і вибирається в залежності від осьової складової сили різання так, щоб сила тертя між роликками 4 і отвором 5 перевищили її. При необхідності зміни величини подачі, наприклад, при переході до обробки іншого матеріалу, кільця 7 замінюються на кільця з іншим кутом нахилу.

При взаємодії роликків 4 з отвором 5 відбувається часткове пластичне деформування металу деталі, завдяки чому поліпшується якість обробленої поверхні.

Механізм подачі необхідний лише під час врізання і для здійснення прискорених переміщень. Стебло свердла розвантажується від осьових сил і, відповідно, зменшується амплітуда коливань і підвищується точність обробки. Момент опору перекочування роликків у порівнянні з моментом сил різання є незначним і мало відображається на верхній межі передачі, обумовлений умовою міцності стебла по крутному моменту. Одночасно зі здійсненням подачі роликки пластично деформують стінки отвору, підвищуючи його якість.

Розвантаження стебла свердла при глибокому свердленні можливе не тільки при використанні комбінованого процесу механічної обробки глибоких отворів „різання – пластична деформація” [2, 3]. Запропоновано пристрій, що дозволяє понизити осьове навантаження на стебло свердла створенням надмірного тиску МОТЗ в зоні різання. Пристрій (рис. 2) працює таким чином. Свердло 1, що оброблює деталь 2, закріплено на стеблі 3, який утворює з обробленим отвором кільцеву порожнину 4, що використовується для подачі МОТЗ під тиском через мастилоприймач 5. На стеблі 3 виконана шайба 6, що має гвинтовими канавками 7. Стебло 3 має внутрішній канал 8.

В процесі свердлення деталі повідомляється обертання, а стеблу 3 свердла 1, закріпленому в інструментальному супорті верстата (на кресленні не показаний), – рух подачі. В процесі різання виникає осьова сила різання, що викликає подовжній вигин стебла 3. Стружка, яка утворюється при різанні, вимивається через канал 8 за допомогою подачі під тиском МОТЗ з мастилоприймача 5 через зазор 4.

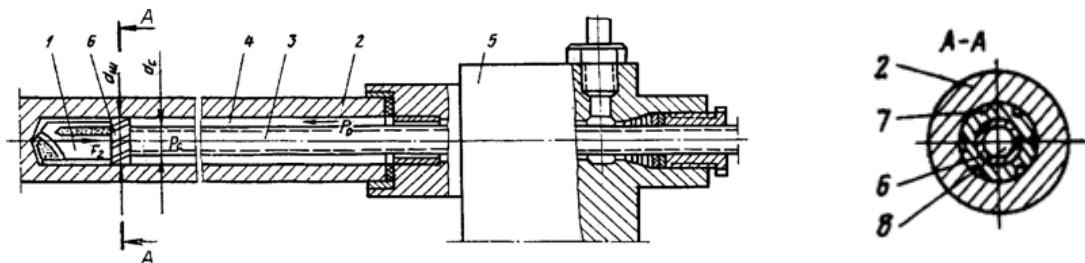


Рисунок 2 – Пристрій для глибокого свердлення

Тиск МОТЗ в зазорі 4 сприймається шайбою 6, що створює у поєднанні із стеблом 3 і отвором деталі 2 поршневу пару. При цьому співвідношення діаметрів шайби 6 і стебла 3 вибрано з нерівності

$$d_{\text{ш}}^2 - d_c^2 > \frac{4F_x}{\pi(P_0 - P_c)}, \quad (1)$$

где $d_{\text{ш}}$ – діаметр шайби;

d_c – діаметр стебла;

F_x – осьова складова сил різання;

P_0 – тиск МОТЗ в зазорі між стеблом і отвором;

P_c – найбільший тиск в отворі стебла.

Шайба 6 має гвинтові канавки 7, переріз яких визначається заданою витратою МОТЗ. Діаметр шайби 6 виконаний менше мінімального діаметру отвору на величину гарантованого зазору. Наявність гвинтових канавок 7 полегшує центрування свердла в отворі. Проходження МОТЗ через гвинтові канавки 7 спричиняє реактивний момент, направлений зворотно моменту сил різання, що частково розвантажує стебло 3 від моменту сил різання.

При великій різниці діаметрів шайби 6 і стебла 3, що визначається співвідношенням (1) зусилля, яке діє на шайбу 6 (буртик), перевищить F_x . При цьому стебло 3 працює на розтягування, що дозволяє не тільки підвищити точність обробки і стійкість інструменту, але і істотно полегшити умови роботи приводу подачі верстата.

Таким чином, конструкція даного пристрою забезпечує в процесі роботи повне або часткове розвантаження стебла інструменту від сил різання, що дозволяє підвищити точність і продуктивність обробки.

Схема іншого пристрою для подачі в зону різання надмірного тиску МОТЗ приведена на рис. 3. Інструментальна головка 1, оброблювана деталь 2 закріплені на трубчастому стеблі 3, що створює з оброблюваним отвором кільцеву порожнину 4 для подачі під тиском МОТЗ з мастилоприймача (на малюнку не показаний). На стеблі 3 біля різцевої головки закріплена шайба-дросель 5. Перед шайбою в стеблі виконані під кутом отвори 6 малого діаметру, що направлені від різцевої головки і сполучають порожнину 4 з осьовим каналом 7 стебла.

Для забезпечення оптимальних співвідношень гідравлічних потоків площа F_k осьового каналу 7 стебла свердла і площі F_o отворів 6 зв'язані залежністю $12 < \frac{F_k}{F_o} < 25$.

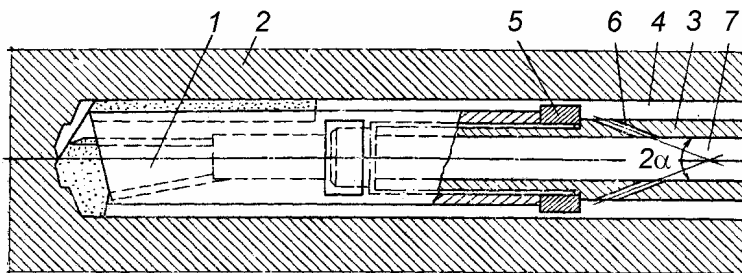


Рисунок 3 – Зменшення продольного вигину стебла свердла

Пристрій працює таким чином. В процесі свердлення деталі 2 повідомляється обертання, а стеблу 3, закріпленому в інструментальному супорті верстата (на рисунку не показаний), повідомляється рух подачі.

В процесі різання виникає осьова сила різання, що впливає на стебло 3 і яка спричиняє його подовжній вигин. Стружка, яка утворюється при різанні, вимивається через канал 7 стебла свердла за допомогою МОТЗ, що подається під тиском через порожнину 4 і зазор між шайбою і отвором.

Різниця тиску МОТЗ з боків шайби 5 створює осьову силу, направлену зворотно складовій сил різання і частково компенсуючу її. Сила, що діє на стебло, зменшується, підвищується точність і продуктивність обробки. Величина різниці тиску залежить від тиску МОТЗ в каналах стебла свердла. При витіканні МОТЗ через отвори 6 малого діаметру виникають похилі струмені захоплюють за собою МОТЗ, що знаходиться в каналі 7, і створюють в отворі різцевої головки розрідження. При цьому в отворі різцевої головки значно збільшується різниця тиску на шайбі. Ефект збільшення розвантажуючої сили досягається без зростання тиску МОТЗ в напірній магістралі, що дозволяє використовувати гідростанції малої потужності.

Оскільки частина потоку МОТЗ з порожнини 4 перетікає в канал 7 через отвір 6, з'являється можливість зменшити зазор між шайбою і отвором, збільшити діаметр шайби і підвищити розвантажуючу силу, залежну від площі шайби. Даний пристрій забезпечує розвантаження стебла свердла при дії сил різання без збільшення споживаної від гідростанції потужності, що значно покращує його експлуатаційні характеристики.

Наведені теоретичні і експериментальні дослідження показують, що керування навантаженням стебла інструмента по осевій складовій сили різання і сил опору принципово можливе при використанні процесів комбінованої обробки отворів. Розроблені способи обробки глибоких отворів вирішують задачу зниження складових технологічного навантаження і дозволяють розширити технологічні можливості процесу свердління по глибині обробки.

Список літератури

1. Линчевский П.А., Буюкли И.М., Иоргачев В.Д. Новые конструкции инструмента для совмещенной обработки отверстий большого диаметра и длины // Труды Одесского политехнического университета, 2007. – Вып. 2. – С. 1 – 8.
2. Розенберг А.М., Розенберг О.А. Механика пластического деформирования в процессах резания и деформирующего протягивания. – К.: Наукова думка, 1990. – 320 с.
3. Пестунов В.М., Свяцкий В.В., Свяцкая Л.П. Решение проблем глубокого сверления в металлообработке // Вестник НТУУ „КПИ”. Машиностроение. – К.: НТУУ „КПИ”, 2006. – №49. – С. 173 – 178.
4. Пестунов В.М., Свяцкий В.В., Свяцкая Л.П. Разработка привода по условиям оптимальной стойкости инструмента и производительности процесса глубокого сверления // Материали за 4-а международна научна практична конференция „Научно пространство на Европа – 2008”. – София: Бял ГРАД-БГ ООД, 2008. – Том 27. Технологии. – С. 28 – 30.
5. Пестунов В.М., Свяцкий В.В., Свяцкая Л.П. Управление циклом процесса глубокого сверления // Материали II міжнародної науково-практичної конференції „Дні науки – 2006”. Том 10. Технічні науки. – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2006. — С. 8 – 11.
6. Пестунов В.М., Свяцкий В.В., Свяцкая Л.П. Элементы системы СПИД, ограничивающие выходные характеристики процесса глубокого сверления // Materialy IV Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji „Naukowym progress na rubieży tysiącleci – 2008”. – Przemysł: Nauka i studia, 2008. – Tom 14. Techniczne nauki. – Str. 53 – 55.
7. Пестунов В.М., Свяцкий В.В., Свяцкая Л.П. Обработка глубоких отверстий комбинированым инструментом із самоподачею // Материали за 4-а международна научна практична конференция „Динамика изследования – 2008”. – София: Бял ГРАД-БГ ООД, 2008. – Том 29. Технологии. Физика. – С. 14 – 16.

В. Пестунов, В. Свяцкий, С. Придворова

Механизмы разгрузки инструмента при сверлении глубоких отверстий

Приведены схемы разгрузки сверла, основанные на использовании комбинированной обработки „резание – пластическая деформация” и подводом смазывающе-охлаждающего технического средства с избыточным давлением. Способы решают задачу снижения составляющих технологической нагрузки и позволяют расширить технологические возможности процесса сверления по глубине обработки.

V. Pestunov, V. Svyatsky, S. Pridvorova

Mechanisms of demounting of instrument in deep-hole drilling

The schemes of drill unloading, based on use of the combined processing „cutting – plastic deformation” and admission lubricant-cooling agent with overpressure, are considered. The methods solve a problem of technological load components decrease and allows expanding technological capability of drilling process on depth of processing.

Одержано 09.04.12.