

## РІЖУЧО-СТИРАЮЧІ ВИБІЙНІ ФРЕЗЕРИ ЗІ ЗМІЦНЕНОЮ МЕТАЛОЗВ'ЯЗКОЮ АРМОВАНОЇ ЗОНИ

Л.О.Боруцак, В.В.Врюкало, В.Б.Копей, Я.Г.Ленів, Ю.Б.Місюрак

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел.(03422) 41166,  
e-mail: public@iung.edu.ua

*Запропоновано метод підвищення стійкості фрезерів вибійних шляхом використання для армування твердосплавних пластин інших розмірів та конфігурації, зміни схеми армування та підвищення механічної міцності металозв'язки. Останнє досягається включенням спіралеподібних сталевих зміцнюючих елементів, розміщених в радіальному і тангенційному напрямках в торцьовому об'ємі фрезера. Введення таких каркасів знижує ступінь деформації металозв'язки під дією інтенсивних розподілених ударних навантажень і водночас зберігає її пластичність при локальній дії гострокутніх частинок вибою та шламу. Запропоновано також заготовки фрезерів великих діаметрів виготовляти литвом, що економить якісну конструкційну сталь.*

*Предложен метод повышения стойкости фрезеров забойных путем использования для армирования твердосплавных пластин других размеров и конфигурации, изменения схемы армирования и повышения механической прочности металловязки. Последнее достигается включением спиральных стальных упрочняющих элементов, расположенных в радиальном и тангенциальном направлениях в торцевом объеме фрезера. Введение таких каркасов снижает степень деформации металловязки под действием интенсивных распределенных ударных нагрузок и в то же время сохраняет ее пластичность при локальном воздействии остроугольных частиц забоя и шлама. Предложено также заготовки фрезеров больших диаметров изготавливать литьем с целью экономии качественной конструкционной стали.*

*This article propose us a method of rising a bottom resistance in a way of using hard alloy plates with other sizes and configuration, change of armoring scheme and increase of mechanic strength of metal pack for armoring. The last is reached by including of steel strengthen elements, which looks like spiral and situated in radial and tangential direction in junk mill volume of cutter. Manufacturing of mills with big diameters is also proposed to produce using of mouldings, what helps to economize a quality constructional steel.*

В процесі буріння нафтових і газових свердловин порушення технологічного процесу, що виникає внаслідок поломки із залишенням у свердловині інструментів, елементів бурильної колони (ведучих, бурильних труб, перехідників, муфт, замків, центраторів, амортизаторів, калібраторів) чи інших предметів, вважають аварією.

Для проведення робіт з ліквідації аварій використовуються спеціальні мітчики. Але перед використанням мітчика (чи в разі неможливості його застосування) елементи труб і з'єднань бурять до бурильного замка ріжучо-стираючими вибійними фрезерами. Свердловини при цьому очищують по всьому перерізу. Буріння проводиться роторним або турбінним способом за максимально допустимої подачі насосів з осьовим навантаженням 20-40 кН. У процесі буріння бурильну колону слід підіймати через кожні 1,5-2 м проходки. Фрезери також використовуються для ліквідації аварій з долотами, але найчастіше вибійні ріжучо-стираючі фрезери використовують під час ліквідації аварій, пов'язаних із звільненням свердловин від сторонніх предметів. Великогабаритні предмети - роторні клини, щелепи ключів АКБ-3 а також колонкові труби, підйомні грунтоносії тощо подібні руйнують на вибої вибійними фрезерами.

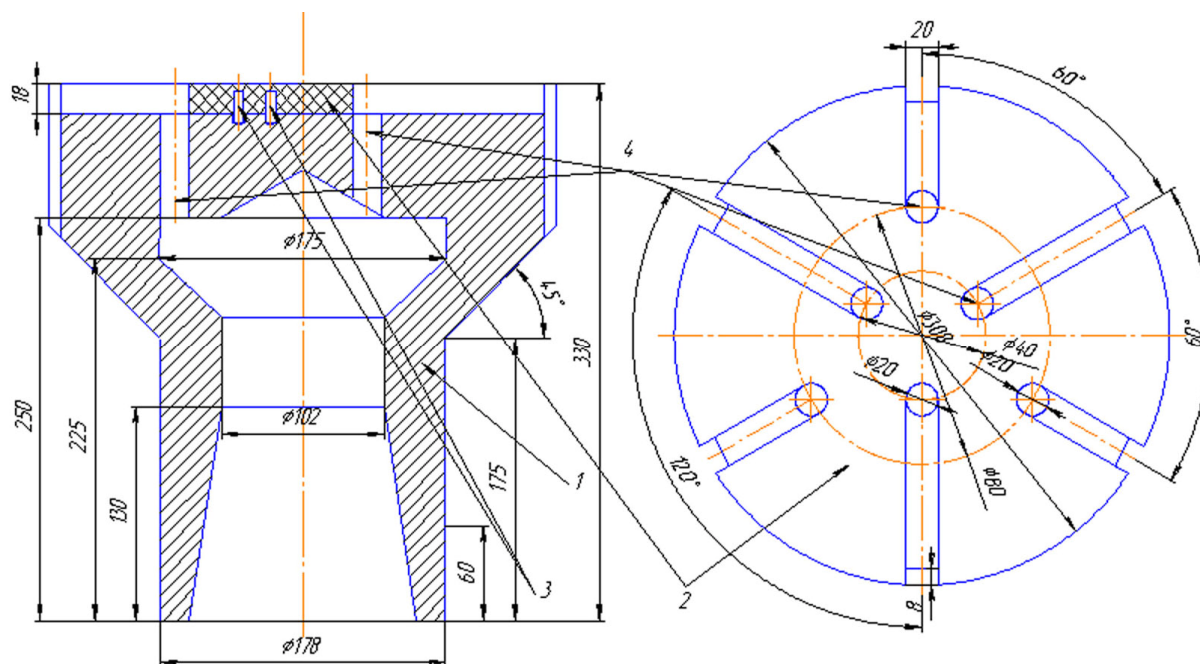
Фрезерний породоруйнуючий інструмент [1] порівняно нескладний за конструкцією. Ріжучо-стираючі фрезери мають видовжений корпус, що виготовляється із сталей марок 40 або

40Х з розміщеними всередині промивними каналами, який армований по торцю на глибину 15-25 мм пластинами та подрібненим металокерамічним твердим сплавом марок ВК8 – ВК15. Ці марки володіють хорошими різальними властивостями та високою стійкістю до ударів [2]. Твердосплавні пластини форми Г4102 відіграють роль різальних елементів, а подрібнені частини розміром 1,5 – 5,0 мм перетирають металевий шлам, щоб полегшити його виведення із свердловини. Всі твердосплавні елементи на торці фрезера розміщуються в об'ємі, залитому сплавом системи Cu – Ni – Zn з температурою плавлення 950°C (припій №4 або №7 за ТУ 48-21-299-73). Кромки промивних пазів наплавлені твердим сплавом Реліт.

У відповідності з ГОСТ 26-16-1619-81 фрезери ріжучо-стираючі випускаються 23 типорозмірів діаметром від 85 до 475 мм з правими і лівими присднувальними різьбами та відповідним розташуванням різальних кромки і промивних каналів (рис. 1).

Технічним забезпеченням, що уможливило підвищення якісних показників фрезерів, є правильний вибір матеріалів зв'язки та армуючих компонентів їх розміщення в робочій армованій зоні, а технологічним - метод отримання заготовки, спосіб армування, а також якість і послідовність механічної та термічної обробки [3, 4].

Для вибійних стирано-ріжучих фрезерів існують стандартні схеми армування пластинками з твердого сплаву [1]. Конкретна схема армування фрезера ФЗ-308, яку використо-



1 – корпус, 2 – стираюча частина фрезера, 3 – ріжучі пластини, 4 – промивні отвори

**Рисунок 1 – Конструкція серійного фрезера вибійного ФЗ-308**

вують в базовому технологічному процесі, зображена на рисунку 2. Конструкції стандартного фрезера властива низка недоліків:

- схема розміщення твердосплавних штирів не дозволяє створити суцільну зону перекриття, що суттєво послаблює різальну здатність інструменту;

- для отримання гнізд під штирі свердлять круглі отвори, що не забезпечує чіткого і міцного закріплення твердосплавних пластин в корпусі інструменту;

- як металозв'язку робочої зони в даному інструменті використовують припій на основі латуні, а цей сплав характеризується порівняно невисокими параметрами механічної міцності, тому за наявності великих статичних і динамічних навантажень, що мають місце при роботі фрезерів, а також через присутність на вибої абразиву та уламків твердого сплаву інструмент часто виходить з ладу [4].

Для можливості подальшого покращення конструкції фрезера вибійного і для порівняння запропонованої зміни конструкції інструменту і армованої зони було виконано патентний та літературний пошук. Аналіз патентних джерел показав, що запропоновані їх авторами зміни стосуються, в основному, не принципового покращення конструктивних елементів та робочої зони фрезерів вибійних [5], тому не можуть суттєво підвищити якісні характеристики останніх.

Через вказані вище причини нами запропоновано не тільки змінити існуючу схему армування з використанням для цього твердосплавних пластин іншої конфігурації та розмірів, а й зміцнити латунну зв'язку шляхом введення каркасів з якісної конструкційної сталі у формі спіралеподібної стружки. Введення та-

ких елементів загалом не знижує пластичність зв'язки, але підвищує її механічну міцність, зносостійкість та здатність утримувати в собі твердосплавні елементи. Вибрано саме стружку, а не металеву спіраль, тому що стружка має внутрішні мікротріщини, що дозволяє їй при надмірному навантаженні відламуватися невеликими ділянками, не вирываючи великих шматків припою.

Окрім того, запропоновано змінити спосіб отримання заготовок фрезерів великих розмірів з прокату на литво у земляні форми. Це суттєво зменшує витрати якісної конструкційної сталі на стружку, які для інструментів великих діаметрів становлять 45 – 60%.

При всіх способах лиття (за виключенням лиття за витопами моделями) форма має один чи декілька площин роз'ємів. При виборі площини роз'єму необхідно виключити рознімання форми по похилих та ступінчастих площинах. Для підвищення точності розмірів вилівка та з метою запобігання можливому зміщенню однієї площини форми відносно іншої доцільно формувати опоки по суцільній нероз'ємній моделі, яку бажано розміщувати в нижній частині форми.

Форми для вилівоків, які мають конфігурацію тіл обертання з оброблювальними зовнішніми та внутрішніми поверхнями, краще заливати у вертикальному положенні.

Для вилівоків, які мають внутрішні порожнини, утворені стрижнями, вибране положення повинно забезпечувати можливість перевірки розмірів порожнини форми під час складання, а також надійне прикріплення стрижнів. Вибір поверхні роз'єму підпорядковується вибору положення форми у процесі заливання.

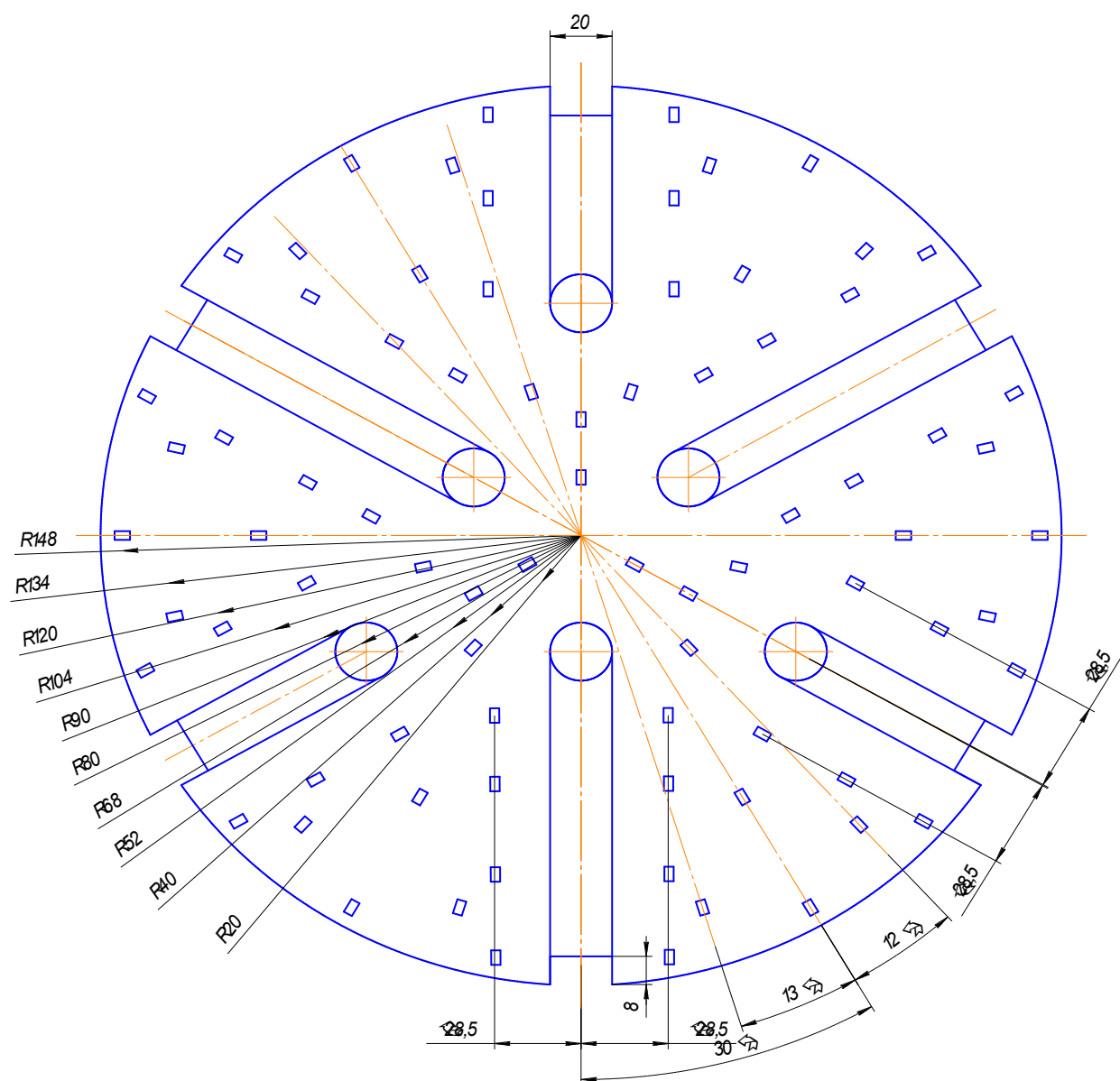


Рисунок 2 – Торць та схема армування серійного інструменту

Отже, керуючись згаданими вище правилами, підтвердженими багаторічною практикою, було вибрано вертикальне положення вилівка з площиною рознімання по рівню більшого торця заготовки і з внутрішнім вертикальним розташуванням стрижня. На торці заготовки, що підлягає армуванню, виконано не круглі отвори під твердосплавні пластинки, а пази, що покращує фіксацію та закріплення пластин і дає можливість регулювати їх положення в радіальному напрямі (рис 3). Це корисно в тому випадку, коли замовнику для ліквідації певного виду аварій потрібно мати породоруйнуючий інструмент з підсиленням різальних характеристик в певному місці на торці фрезера (на периферії чи в центрі інструменту).

Суттєвим є також напрям розміщення паців на торці заготовки – вони спрямовані як радіально, так і під кутом до радіуса, щоб шлам, утворений в результаті роботи інструменту, відводився на периферію вибою. Це сприятиме кращому очищенню свердловини.

Зміни також стосуються самої конфігурації торця фрезера – його виконано не у вигляді диска з пазами під виведення промивального розчину, а фасонним, робоча частина отримала бокові вирізи, що збільшує різальні можливості інструменту і сприяє кращому відведенню промивального розчину, а, отже, збільшує продуктивність його роботи.

Як було зазначено вище, щоб зміцнити латунну металозв'язку, в робочу зону у певному порядку було закладено спіралеподібні сталеві елементи. Для підтвердження доцільності таких заходів та з метою зменшення об'єму натурних досліджень нами здійснено моделювання напруженого стану локальних армованих об'ємів під впливом силових факторів, що можуть мати місце під час роботи фрезерів і діють на виділені об'єми в різних напрямках. Використовуючи систему тривимірного параметричного моделювання Solid Works, було створено моделі локальних об'ємів армованої зони інструменту як з чистого припою, так і за наявності

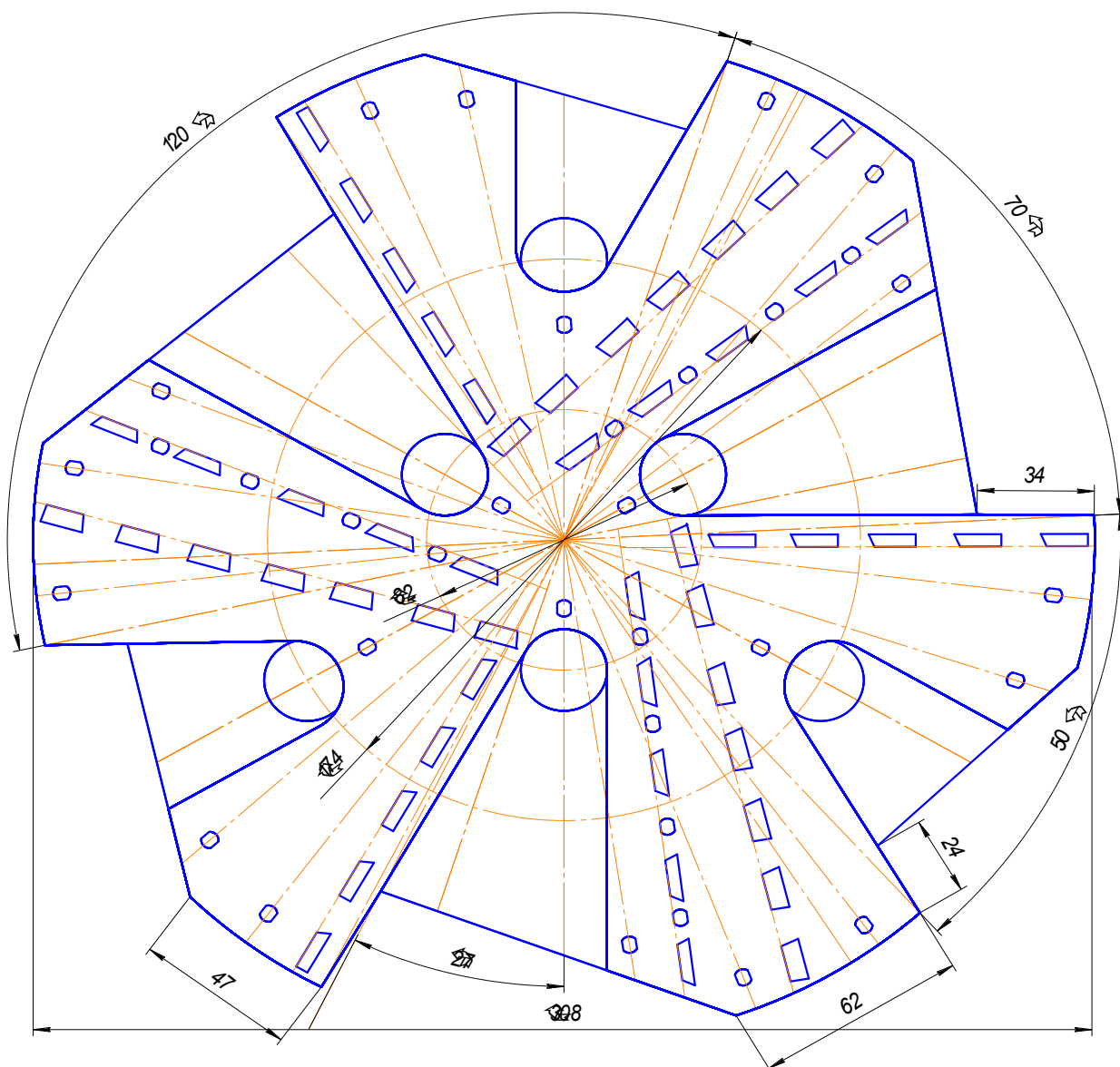


Рисунок 3 – Запропонована схема армування вибійного стираючо-ріжучого фрезера ФЗ-308 з новою конфігурацією пластин

спіралеподібної стружки (рис. 4). Засобами програми Cosmos Works, яка реалізує метод скінченних елементів для задач теорії пружності [6], нашу модель було розділено на елементарні об'єми (рис. 5) та досліджено характер зміни величин деформацій (рис. 6), відносних переміщень (рис. 7) і напружень в різних зонах виділеного об'єму.

У ході моделювання досліджувався вплив площі поперечного перерізу спіралеподібної стружки на напружено-деформований стан локальних об'ємів армованої зони інструменту для всіх можливих варіантів прикладення навантажень і зв'язків. Розрахункові моделі (для порівняння) містили сталю стружку площею поперечного перерізу від 2 мм<sup>2</sup> до 15 мм<sup>2</sup>, а також чистий припіп без армуючих елементів.

Як показали результати моделювання, негативний вплив статичного навантаження спадає із збільшенням площі поперечного перерізу стружки. Аналіз результатів свідчить, що навіть максимальні напруження, які виникають в зра-

зках, не перевищують межі текучості матеріалу  $2,4 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$ . Це означає, що суттєво зменшується можливість розриву ріжучої кромки за даного статичного навантаження. Також суттєво зменшуються переміщення в дослідному зразку (з  $5,138 \cdot 10^{-6} \text{ м}$  до  $4,28 \cdot 10^{-6} \text{ м}$ ), і відносна деформація (з  $1,032 \cdot 10^{-5}$  до  $8,62 \cdot 10^{-5}$ ).

Результати комп'ютерного моделювання підтвердили ефективність запропонованих конструктивних змін для підвищення довговічності вибійних стираючо-ріжучих фрезерів.

Запропоновані зміни в конструкції та оснащенні фрезерів було реалізовано таким чином. Підбираючи форму і розміри твердосплавних пластинок, ми виходили з того, що торцевий фрезер зазнає динамічних навантажень, а окремі ділянки робочого торця працюють на зріз і зминання. Це зумовлено необхідністю руйнування предметів, які мають різну твердість, розміри та конфігурацію (труби, шарошки, уривки кабелів тощо). Тому крім основного завдання фрезера – стирати і перемелювати

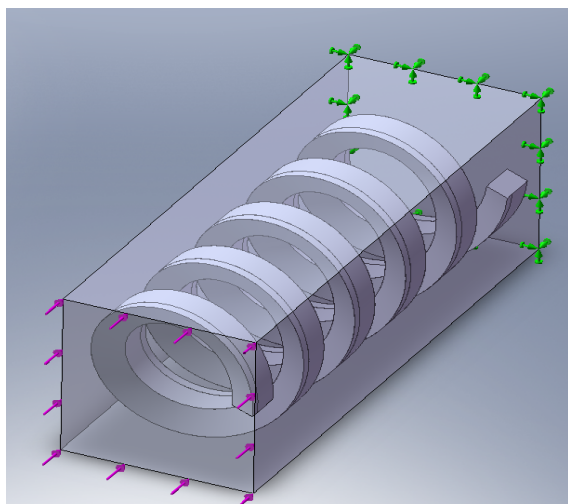


Рисунок 4 – Тривимірний модель армованої зв'язки

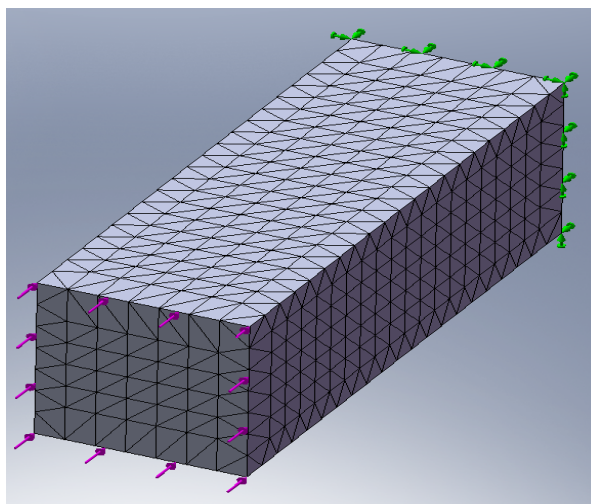


Рисунок 5 – Схема розбиття на дискретні елементи

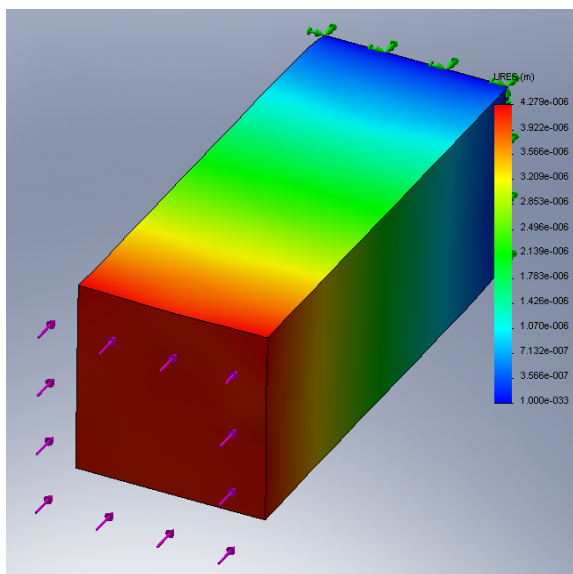


Рисунок 6 – Епюра деформацій

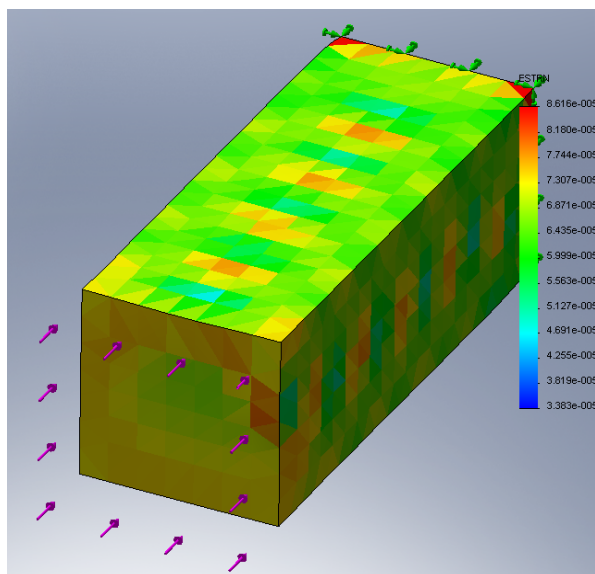


Рисунок 7 – Епюра переміщень

предмети на вибої, йому доводиться ще й здійснювати різання. Тому як різальні елементи і були використані широкі твердосплавні пластини такої форми, що дають можливість збільшити загальну довжину різальних кромки, і круглі стрижні (рис. 8). Це дає змогу проводити різання з меншою і дрібнішою стружкою, яку легше виводити спеціальним розчином із зони різання.

Важливим параметром твердосплавних елементів (окрім форми), є їхнє розміщення і глибина посадочних гнізд, яка становить 5,5 – 6,5 мм для різних типів пластин. Під час вибору цих параметрів ми керувались умовою їх ефективного взаємного розташування, що передбачає можливість зміни положення пластин в залежності від вимог замовника і умов аварії, форми та розмірів предметів, які потрібно зруйнувати, можливості виконувати підсилення інструменту в різних ділянках його поверхні. Розв'язком такого завдання було виконання посадочних гнізд під пластини у вигляді пазів

(на відміну від отворів, що використовувались в базовій схемі армування) (рис. 9). Такий спосіб закріплення армуючих елементів дає змогу за потреби змінювати схему армування в певних межах, підсилюючи окремі ділянки робочої зони. Глибина посадочних гнізд і пазів є більшою для товстіших пластин та пластин більших типорозмірів і приймає менші значення для круглих стрижнів.

Вибір спіралеподібних елементів для армування робочої зони фрезера вибійного виконано з тієї умови, що, з одного боку, необхідно збільшити механічну міцність припою на основі кольорових металів, а, з іншого боку, вибір надто міцної і пластичної сталі міг би призвести до виривання значних об'ємів робочої зони під впливом локальних навантажень, що виникатимуть під час руйнування гострокутного металевго вибою з твердими вклученнями. Було вибрано товсту зливну спіралеподібну стружку з якісної конструкційної сталі марки Сталь 40.

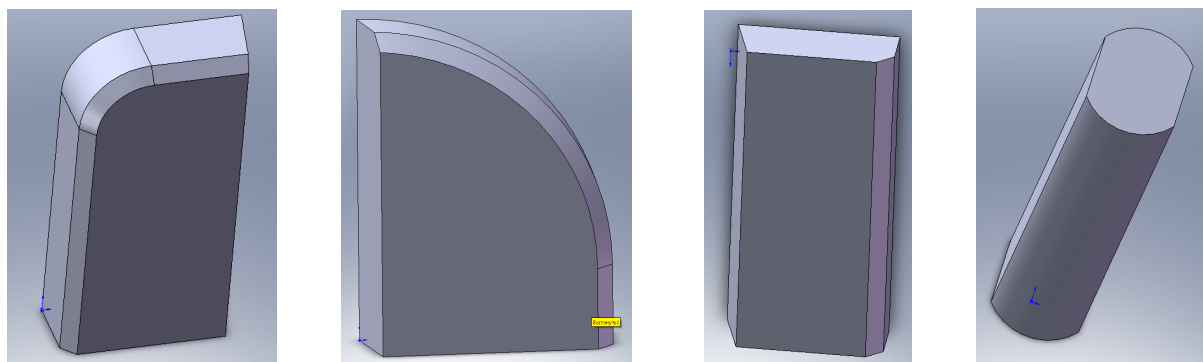
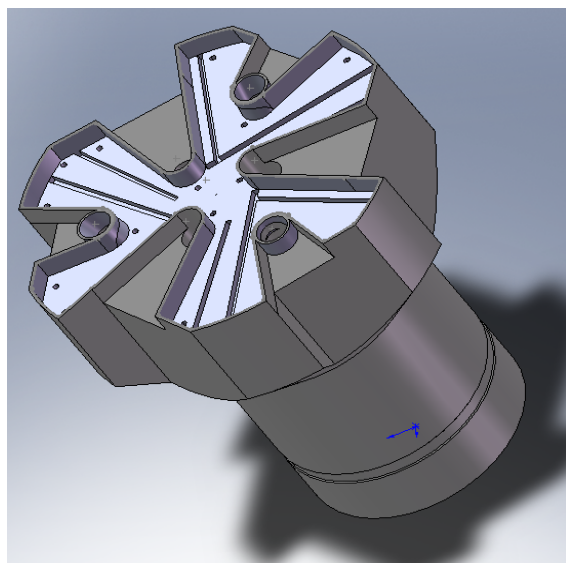
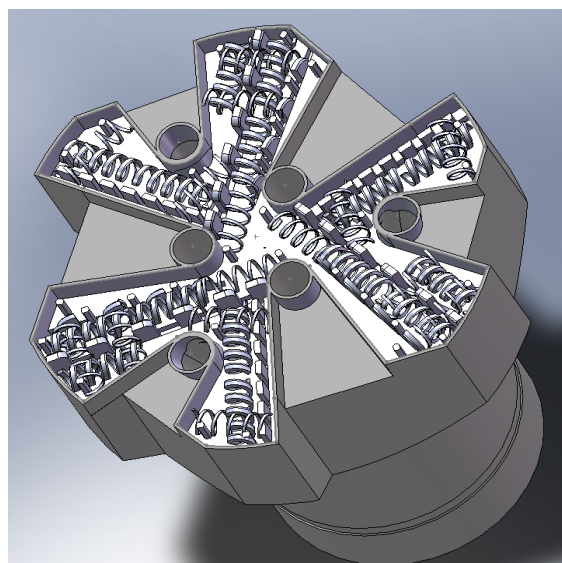


Рисунок 8 – Форми твердосплавних ріжучих елементів



а)



б)

Рисунок 9 – Заготовка фрезера з пазами під пластини (а) та споряджена твердосплавними пластинами і армуючими спіралями (б)



Рисунок 10 – Фрезер ФЗ-308 з робочою зоною, повністю спорядженою під паяння (армування)



Рисунок 11 – Фрезер вибійний ФЗ-308 після операції пічного армування

На рисунку 10 подано фотографію фрезера вибійного стирально-ріжучого ФЗ-308 з робочою зоною, повністю спорядженою під паяння (армування), а на рисунку 11 – готовий фрезер після операції пічного армування.

Заготовки для фрезера було відлито з металу, виплавленого в індукційних печах заводу «Карпатнафтомаш» (м.Калуш). Обварювання фасонного буртика з м'якої листової сталі товщиною 2,2 мм здійснена суцільним швом за

допомогою зварювального напівавтомата в середовищі вуглекислого газу дротом діаметром 1,2 мм.

Формування армованої зони – вставка твердосплавних пластин та спіралеподібного каркасу згідно до розробленої схеми, закладання припою і засипання бури здійснювалось на слюсарній дільниці досвідченим слюсарем.

Заготовки фрезерів розміщувались і закріплювались у спеціальних піддонах. Сама операція пічного паяння була реалізована в круглих печах шахтового типу за температури 980°C; час витримки – приблизно 40-50 хв. Після охолодження заготовки очищено від окалини та застиглої бури на торцьовій поверхні інструментів дротяними щітками, зубилом і піскоструменевою обробкою. Зайвий метал по зовнішньому діаметру проточено і залишки трубок обрізано. Готові фрезери клеймували і фарбували.

На даний час інструменти були задіяні під час ліквідації аварій в шельфових свердловинах об'єднання ЗАТ «Чорноморнафтогаз» і показали хороші результати під час роботи з очищення вибою від металевих предметів.

### Література

- 1 Пустовойтенко И.П. Справочник мастера по сложным буровым работам [Текст] / И.П.Пустовойтенко, А.П. Сельващук. – М: Недра, 1983. -248с.
- 2 Баженов М.Ф. Твердые сплавы [Текст] : довідник / М.Ф.Баженов, С.Г.Байчман, Д.Г.Карпачев. – М.: Металлургия, 1978. – 184 с.
- 3 Блохин В.С. Повышение эффективности бурового инструмента [Текст] / В.С.Блохин. – Киев : Техника, 1982. – 160 с.
- 4 Бабаев О.К. Объемное армирование забойного инструмента [Текст] / О.К.Бабаев // Сварочное производство. – 1980. – №4. – С.17-18
- 5 Карпинос Д.М. Прочность композиционных материалов [Текст] / Д.М. Карпинос, Г.Г.Максимович. – Киев : Наукова думка, 1978. – 236 с.
- 6 Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов [Текст] / Л.Сегерлинд. – М.: Мир, 1979. – 393 с.

*Стаття поступила в редакційну колегію  
11.02.09*

*Рекомендована до друку професором  
Мойсишином В.М.*