

**УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ” – ШТИП  
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ**

---

UDC 622:55:574:658

ISSN 185-6966



**Природни ресурси и технологии  
Natural resources and technology**

**ноември 2011  
november 2011**

**ГОДИНА 5  
БРОЈ 5**

**VOLUME V  
NO 5**

---

**UNIVERSITY “GOCE DELCEV” – STIP  
FACULTY OF NATURAL AND TECHNICAL SCIENCES**

**ПРИРОДНИ РЕСУРСИ И ТЕХНОЛОГИИ**  
**NATURAL RESOURCES AND TECHNOLOGY**

**За издавачот:**

Проф. д-р Зоран Панов

**Издавачки совет**

Проф. д-р Саша Митрев  
Проф. д-р Зоран Панов  
Проф. д-р Борис Крстев  
Проф. д-р Мирјана Голомеова  
Проф. д-р Благој Голомеов  
Проф. д-р Зоран Десподов  
Доц. д-р Дејан Мираковски  
Проф. д-р Кимет Фетаху  
Проф. д-р Ѓорѓи Радулов

**Editorial board**

Prof. Saša Mitrev, Ph.D  
Prof. Zoran Panov, Ph.D  
Prof. Boris Krstev, Ph.D  
Prof. Mirjana Golomeova, Ph.D  
Prof. Blagoj Golomeov, Ph.D  
Prof. Zoran Despodov, Ph.D  
Ass. Prof. Dejan Mirakovski, Ph.D  
Prof. Kimet Fetahu, Ph.D  
Prof. Gorgi Radulov, Ph.D

**Редакциски одбор**

Проф. д-р Зоран Панов  
Проф. д-р Борис Крстев  
Проф. д-р Мирјана Голомеова  
Проф. д-р Благој Голомеов  
Проф. д-р Зоран Десподов  
Доц. д-р Дејан Мираковски

**Editorial staff**

Prof. Zoran Panov, Ph.D  
Prof. Boris Krstev, Ph.D  
Prof. Mirjana Golomeova, Ph.D  
Prof. Blagoj Golomeov, Ph.D  
Prof. Zoran Despodov, Ph.D  
Ass. Prof. Dejan Mirakovski, Ph.D

**Главен и одговорен уредник**

Проф. д-р Мирјана Голомеова

**Managing & Editor in chief**

Prof. Mirjana Golomeova, Ph.D

**Јазично уредување**

Даница Гавриловска-Атанасовска  
(македонски јазик)

**Language editor**

Danica Gavrilovska-Atanasovska  
(macedonian language)

**Техничко уредување**

Славе Димитров  
Благој Михов

**Technical editor**

Slave Dimitrov  
Blagoj Mihov

**Печати**

„Европа 92“ - Кочани

**Printing**

„Evropa 92“ - Kocani

**Редакција и администрација**

Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип  
Факултет за природни и технички науки  
ул. „Гоце Делчев“ 89, Штип  
Р. Македонија

**Address of the editorial office**

Goce Delcev University - Stip  
Faculty of Natural and Technical Sciences  
Goce Delcev 89, Stip  
R. Macedonia

**СОДРЖИНА**

<b>Елизабета Десаноска, Зоран Панов</b> ПРОЕКТИРАЊЕ НА СИСТЕМОТ ЗА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА ЈАГЛЕН ВО ПК БРОД-ГНЕОТИНО СО ЦИКЛИЧНА МЕХАНИЗАЦИЈА ЗА СЛЕДНИТЕ ПЕТ ГОДИНИ.....	5
<b>Сашко Иванов, Николинка Донева, Марија Хаџи-Николова</b> ПРОБЛЕМИ И ПЕРСПЕКТИВИ НА СОВРЕМЕНИТЕ ТЕХНОЛОГИИ ЗА ОТКОПУВАЊЕ НА ЦВРСТИ КАРПИ .....	17
<b>Стојанче Мијалковски, Зоран Десподов, Дејан Мираковски, Афродита Зенделска, Марија Костадинова</b> МЕТОДОЛОГИЈА ЗА ИЗБОР НА РУДАРСКА ОТКОПНА МЕТОДА.....	29
<b>Николинка Донева, Зоран Десподов, Марија Хаџи Николова</b> ТРОШОЦИ ПРИ ИЗРАБОТКА НА ХОРИЗОНТАЛНИ РУДАРСКИ ПРОСТОРИИ .....	39
<b>Ангел Тасевски, Сашко Иванов, Николинка Донева</b> НЕКОИ СЕГМЕНТИ ОД УЛОГАТА НА МЕХАНИКАТА НА ФЛУИДИТЕ КАЈ РУДАРСКИТЕ ПРОЦЕСИ .....	51
<b>Радмила Каранакова Стефановска, Зоран Панов</b> МЕТОДОЛОГИЈА НА ПРОЦЕНА НА ВИЗУЕЛНИ ВЛИЈАНИЈА НА ПОВРШИНСКИТЕ КОПОВИ И МЕРКИ ЗА УПРАВУВАЊЕ СО ВИЗУЕЛНИТЕ РЕСУРСИ.....	63
<b>Благој Голомеов, Мирјана Голомеова, Афродита Зенделска, Александар Крстев</b> МОЖНИ ИЗВОРИ НА ЗАГАДУВАЊЕ НА ВОДИТЕ ОД СЛИВНОТО ПОДРАЧЈЕ НА РУДНИКОТ САСА.....	75
<b>Мирјана Голомеова, Афродита Зенделска, Борис Крстев, Благој Голомеов</b> ПОСТАПКИ ЗА ЗГУСНУВАЊЕ НА ТИЊА .....	87
<b>М. Хаџи-Николова, Д. Мираковски, Н. Донева, Т. Гаврилов</b> ФАКТОРИ КОИ ВЛИЈААТ НА ШИРЕЊЕТО НА БУЧАВАТА ВО ЖИВОТНАТА СРЕДИНА.....	95

<b>Yonche Dimchov, Zoran Panov</b> RECLAMATION AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT IN DIMENSION STONE MINING .....	105
<b>Boris Krstev, Aleksandar Krstev, Mirjana Golomeova, Afrodita Zendelska</b> BUSINESS INFORMATICS AND APPROPRIATE LOGISTICS AS A CHALLENGE FOR EDUCATION OR ECONOMY GLOBALIZATION IN MACEDONIA.....	115
<b>Aleksandar Krstev, Aleksandar Donev, Dejan Krstev</b> INFORMATION TECHNOLOGY IN LOGISTICS: ADVANTAGES, CHALLENGES AND OPPORTUNITY FOR EFFICIENCY FROM PROBLEM DECISION IN DIFERENT ACTIVITIES .....	123
<b>Aleksandar Krstev, Boris Krstev, Darko Dimitrovski, Dejan Krstev</b> FOCUS AND CHALLENGE OF NATIONAL APPLIED INFORMATION SYSTEMS IN PRODUCTION PROCESSES OR ACADEMY AND ACCOUNTING FIRMS .....	131
<b>Благица Донева, Радмила Каранакова Стефановска</b> ГЕОЕЛЕКТРИЧНИ МЕРЕЊА СО TERRAMETER SAS 1000 .....	141
<b>Александра Димоска, Ана Митаноска, Васка Сандева</b> КОНЦЕПТ ЗА ПРОЕКТИРАЊЕ НА ЕНЕРГОЕФЕКТИВЕН ИНДИВИДУАЛЕН СТАЊБЕН ОБЈЕКТ ПО ПРИНЦИПИТЕ НА ПАСИВНА АРХИТЕКТУРА.....	149
<b>Александар Донеv, Катерина Деспот, Зоран Панов</b> ТЕОРИЈА ЗА МЕШАЊЕ И КЛАСИФИКАЦИЈА НА БОИТЕ .....	159
<b>Сашка Голомеова, Силвана Крстева</b> УПРАВУВАЊЕ СО ЦВРСТ ТЕКСТИЛЕН ОТПАД .....	167
<b>Сашка Голомеова, Горан Дембоски</b> ПРИМЕНА НА ПРЕТПРОИЗВОДНИ ТЕСТОВИ ЗА ИСПИТУВАЊЕ НА КВАЛИТЕТ НА ТЕРМОПЛАСТИЧНИ МЕЃУПОСТАВИ ВО КОНФЕКЦИСКАТА ИНДУСТРИЈА .....	175
<b>Елена Гелова, Александар Донеv</b> ТЕОРИЈА НА ОПТИМИЗАЦИЈА И ПРИМЕНА .....	185

## ПРОБЛЕМИ И ПЕРСПЕКТИВИ НА СОВРЕМЕНИТЕ ТЕХНОЛОГИИ ЗА ОТКОПУВАЊЕ НА ЦВРСТИ КАРПИ

Сашко Иванов<sup>1</sup>, Николинка Донева<sup>1</sup>, Марија Хаџи-Николова<sup>1</sup>

### Апстракт

Реализираните проекти во градежништвото во голема мера ги ползуваат придобивките на технологијата за механичка екскавација на цврстите карпи. Рударската индустрија, пак, од друга страна, сè уште се наоѓа во фаза на истражување и откривање на значајни пронајдоци со коишто би се механизирала, а потоа и автоматизирала експлоатацијата на рудата, како и процесите на пробивање тунели во делот на рудоносниот сектор.

Целта на овој труд е да се опише делокругот на дејство на повлекувачките круни присутни кај ротационо-лачните машини, проблемите и перспективите со кои се соочуваат при откопувањето на цврстите карпи. Истражувани и дискутирани се различни фактори кои може да постават одредени ограничувања врз потенцијалните апликации на повлекувачките круни при рударењето на цврстите карпи, заедно со опциите што ги нудат алтернативните технологии.

**Клучни зборови:** *ротационо-лачни машини, екскавација на цврсти карпи, асистенција со воден млаз, повлекувачки круни, синтетички алати, абеење.*

## PROBLEMS AND PROSPECTS OF CONTEMPORARY EXCAVATION TECHNOLOGIES FOR HARD ROCKS

Sasko Ivanov<sup>1</sup>, Nikolinka Doneva<sup>1</sup>, Marija Hadzi-Nikolova<sup>1</sup>

### Abstract

Projects in civil engineering have greatly benefited from the mechanical excavation of hard rock technology. In the mining industry, on the other hand, is still searching for major breakthroughs to mechanize and then automate the excavation of ore and drivage of access tunnels in its metalliferous sector.

1) Факултет за природни и технички науки, Институт за рударство, Универзитет „Гоце Делчев” - Штип

Faculty of Natural and Technical Science, Mining Institute, University “Goce Delcev” - Stip

The aim of this study is to extend the scope of drag bits for roadheaders in hard rock cutting. Various factors that can impose limitations on the potential applications of drag bits in hard rock mining are investigated and discussed along with alternative technology options.

**Key words:** *roadheaders, hard rock excavation, water jet assistance, drag bits, synthetic tools, tool wear.*

### Вовед

Механичката екскавација е докажана како екстремно ефикасна технологија за континуирано откопување на материјали од класата на јагленот и испарувачките карпи. Екскавационите технологии за просекување на цврсти карпи содржат суштински перспективи на селективно рударење, континуираност и автоматизација на операциите, споредено со дупчечко-минерско-преносните системи коишто страдаат поради цикличната природа на нивните операции. Во моментот, расположливите технологии за континуирано просекување на карпите, генерално, се ограничени за откопување на релативно „меки карпи“ што се должи на високите капитални и тековни вложувања, како и на проблемите што потекнуваат од природата на физичките величини на механичкиот дизајн.

Ротационо-лачните (roadheaders), ротационо-пробивните машини (TBMs), како и други расположливи машини за сечење на карпи, главно, користат два типа на секачки алати - зарежувачи и повлекувачки пикови. Зарежувачите, генерално, се поврзуваат со секачките операции на ротационо-пробивните машини за целосно просекување на челото и се способни за сечење на цврсти карпи со еднооксијална притисна цврстина (UCS) од 350 МПа. Истите се ограничени за примена во проектите за изработка на тунели во областа на градежништвото.

Ротационо-лачните машини со нивните повлекувачки алати (слика1), од друга страна, се фаворизираат за рударски операции, поради нивната флексибилност и лесно ракување и со нив можат успешно да се откопуваат карпи со еднооксијална притисна цврстина од 80 МПа, додека пак потешките ротационо-пробивни машини може да просекуваат карпи каде таа големина достигнува и до 100 МПа.

Фундаменталното ограничување на способноста за сечење на цврсти карпи при надминување на еднооксијалната притисна цврстина од приближно 100 МПа произлегува од лимитираната цврстина на карпите, т.е. соочување со цврстина поголема од 100 МПа. За да се оствари тоа, потребна е многу поголема моќност да биде трансмитирана преку секачките алати за

да се напукне карпата. Сепак, со постоечката технологија за откопување на цврсти карпи, зголемувањето само на моќноста на машината нема да доведе до продолжување на векот на алатот. Понатаму, при екстремно груби услови на работа, генерираното количество на топлина неповолно влијае врз карактеристиките на материјалот од којшто е изработен алатот, што уште повеќе го усложнува проблемот со векот на алатот.

Асистенцијата со воден млаз е потврдено дека ги подобрува овие фактори, така што се остварува подолг работен век на алатот. Поради тоа, во целокупната конфигурација на дизајнот на машината за сечење на цврсти карпи е прифатено дека алатот има главно значење.

Зголемената моќност на машината и крутоста кои се потребни за откопување на цврстите карпи се уште два нови ограничувачки фактора, но сепак, перформансите на материјалот од кој е изработен врвот од пикот е потврдено дека претставуваат главната пречка. Во меѓувреме, истражувачите продолжуваат со истражувачката работа за нови пронајдоци.

Денес во многу истражувачки центри се иницирани истражувачки програми, со цел да се добијат квантитативни појаснувања за различни фактори, како што се компонентите на силата на сечење присутни кај повлекувачкиот алат при откопувањето на никел и некои придружни типови руда, како гранитот и гнајсот – многу абразивни карпи со еднооксијална притисна цврстина од 33 МПа, па сè до 350 МПа, абењето на секачките алати и кои се факторите што влијаат на ломот на алатот.

Како цел се поставува и утврдувањето на факторите што го носат потенцијалот за проширување на гореспоменатите ограничувања при асистирано сечење со воден млаз, примената на различни материјали и геометрии на алатот, определувањето на ефектите од брзината на сечење и позицијата на водениот млаз, се во насока на остварување на оптимални услови на процесот на сечење.

## **2. Основни променливи на процесот на сечење цврсти карпи**

Презентирани се бројни теории за процесот на сечење со повлекувачки пикови за да се опише механизмот со поедноставени термини и математички изрази, со намера да се постигне што подобро разбирање на процесот на сечење, како и да се подобри дизајнот и на пиковите и на машината. Различни аспекти за сечење на карпите со пикови се презентирани од страна на истражувачите.

Како резултат на широкиот обем од услови при кои се одвива процесот на сечење, егзистираат конфликтни погледи и размислувања, но сепак некои воопштувања се истакнати, така што може да се посматраат како фундаментални особини на процесот на сечење со пикот:

1. И силите на сечење и нормалните сили растат со порастот на длабочината на сечење за сите пикови. Во повеќето околности порастот е повеќе или помалку линеарен;
2. Специфичната енергија опаѓа со порастот на длабочината на сечење, на почетокот брзо, а потоа малку побавно, достигнувајќи одредена минимална вредност, по којашто ефикасноста на процесот на сечење се намалува со порастот на длабочината;
3. Силите на сечење и нормалните сили опаѓаат нелинеарно со порастот на нападниот агол на алатот. Неговата оптимална вредност се смета дека треба да биде  $20^\circ$ , по која цврстината на пикот и неговиот опстанок се хазард.
4. Утврдено е дека порастот на силите на сечење и нормалните сили е приближно линеарен со едноаксијалната притисна цврстина на карпата, додека корелацијата со цврстина на истегнување би можела да биде посвојствена за лабораториски услови, поради тоа што ломот на карпата настанува при истегнување;
5. Кај пиковите со облик на длето, силите на сечење и нормалните сили растат со ширината на пикот;
6. Според некои автори силите кај пикот, за нов алат, се намалуваат со порастот на задниот агол на алатот до  $30^\circ$ , додека пак според други, се тврди дека постои намалување сè до  $5^\circ$ ;
7. Брзините на движење на пикот немаат некој забележителен ефект врз силите на сечење или пак врз специфичната енергија, кога абеењето не е присутно како фактор;
8. Сечењето со една низа од пикови подразбира дека секој пик минува врз карпата по еден редослед. Во врска со тоа, секој пик ја има можноста да влијае врз релјефот создаден со претходниот пик од низата. Вредноста на оптималниот однос помеѓу растојанијата меѓу резовите и длабочината на сечење за пиковите со нападна точка е утврдено да варира од 1,5 до 3, во зависност од типот на карпата.

### 3. Влијателни фактори врз векот на алатот

Во денешно време, волфрам-карбидот е најчесто применет материјал за изработка на алатите за сечење поради неговите карактеристики - релативно високата цврстина и изразената жилавост. Целиот корисен век на секачкиот пик кај секоја машина за откопување е во зависност од неговата отпорност на абеење и отпорност на создавање на фрактури, што повратно зависи од одредени параметри, како што се геометријата на пикот, оперативните фактори, карактеристиките на материјалот од кој е изработен пикот, како и карактеристиките на карпата којашто се



откопува. Она што е актуелно е што познавањето на овие параметри нема добро проучена меѓузависност и што предвидувањето на векот на алатот сè уште е во опитна фаза или претставува процес со грешка. Сепак, би можело да се има придобивка од познавањето на меѓусебниот однос на абеењето на алатот и ефикасноста на системот за сечење.

### 3.1. Геометрија на пикот и оперативни фактори влијателни врз абеењето

Денес се во употреба, главно, два типа пикови: *радијални* и *конусни*. И кај двата од нив варираат нападните агли, геометриските облици, начинот на кој се прикачени кон машината, а се разликуваат и по ротационото движење за време на операцијата на сечење. Кај третиот тип, *круните со удар напред*, е направен обид да се инкорпорираат позитивните црти од двата гореспоменати типа заради подобрување на оперативната ефикасност.

Проучувањата направени за испитување на влијанието на геометриската конфигурација и оперативните фактори врз абеењето на алатот довеле до следниве констатации:

1. Повеќето алати отпорни на абеење имаат голем негативен агол и заоблени сечила;
2. Некои од истражувачите имаат презентирано подобрена отпорност на абеење кај алатите со заоблени сечила;
3. Идеалниот алат за сечење би требало да има облик на длето со голем напад напреден агол и заден агол на чистење во границите помеѓу  $5^\circ$  и  $10^\circ$ ;
4. Круната би требало да биде селектирана според нејзината отпорност на абеење и фрактурирање, додека, пак, обликот на врвот од алатот не би требало да биде значаен фактор при оценките во текот на целиот работен век на алатот;
5. Радијалните врвови се многу побрзо склони на абеење отколку конусните алати;
6. Конусните алати, пак, се многу поподложни на фриксионо искрење;
7. Силите кај алатот и специфичните енергии се зголемуваат право пропорционално со порастот на изабената рамна површина на алатот;
8. Силите кај алатот се во континуиран пораст со длабочината на сечење и растојанието меѓу резозите, додека, пак, нападните агли кај алатите со атак во точка имаат значаен ефект врз секачката ефикасност.
9. Порастот на брзината на сечење, особено кога е надминато критичното ниво, предизвикува зголемено абеење.

### 3.2. Влијание на карактеристиките на карпата врз процесот на абење

Седиментните карпи скоро секогаш се главниот тип карпи каде што повлекувачките алати имаат остварено забележителен успех. Значајни карактеристики на седиментните карпи што влијаат врз векот на алатот се определени со содржината на цврсти минерали (вообичаено тоа е кварцот, но не мора да е секогаш така), димензиите на зрната и нивната агловитост и цементните материјали.

Ограничена примена на повлекувачките алати е забележана кај вулканските и метаморфните карпи што се должи на нивната својствена јакост, како и деградирачките особини на алатот.

Највообичаеното мерливо својство на карпата што влијае врз абењето на алатот е нејзината *абразивност*. Пропорционалната зависност помеѓу содржината на кварцот и абразивноста е утврдена од страна на West. Кај цврстите карпи, фронталното абење предизукува луштење и стругање на карбидот. Поголемо распаѓање со абењето се продуцира при дупчење во гранит. При изведување на дупчења во песочници и гранитни карпи, абразивното абење е позабележливо, особено кај песочниците богати со кварц, отколку кај поцврстиот и помалку абразивен гранит; претпоставено е дека ударниот замор се зголемува доколку ударната енергија е во пораст при зголемени стапки на продирање на алатот.

Материјалите од кои се изработува алатот за сечење и неговите карактеристики имаат директно носечко влијание врз абењето на алатот и врз неговиот корисен век. Селекцијата на погодни материјали за алатот, при зададени оперативни услови изискува соодветна грижа.

### 4. Волфрам карбид - материјал за изработка на алатот за сечење

Волфрам-карбидот е најприменуваниот материјал за изработка на алати за сечење. Факторите што имаат свој одраз врз перформансите и векот на волфрам-карбидот се силно зависни од суровиот материјал и технологијата на обработка. Fowell и Altinoluk ги покриваат овие аспекти во нивните трудови. Составот и микроструктурата на конституентите на волфрам-карбидот во крајна линија ги определуваат неговите физички и механички карактеристики.

Кобалтот и јаглеродот се најзначајните конституциони варијабли при производството на волфрам-карбидот со погодна мешавина на јакост, притисна цврстина, како и цврстина на попречен лом. Кобалтот се наоѓа во рангот од 6 до 15 % - тежински, додека, пак, теоретската содржина на чист волфрам моно карбид е 6,12%. Секоја прекумерност или недостаток на јаглерод во границите  $6 \pm 0,11$  има значаен ефект врз јакоста и цврстината.

Генерално гледано, какви било примеси од нечистотии, како железниот хромит, никелот, содата или сулфурот може да резултираат во слаба комбинација на јакост и цврстина. Мали додатоци на титаниум карбид (3 - 5% тежински), сепак би можеле да го попречат окрупнувањето на зрната и порастот на цврстината, без притоа да влијаат врз цврстината на попречниот лом.

Подеднакво значајна е контролата на димензиите на зрната. Јакоста и притисната цврстина се зголемуваат со опаѓањето на димензиите на зрната, додека, пак, посакувани величини на зрната за остварување на најдобра цврстина на попречен лом се 1  $\mu\text{m}$  до 3  $\mu\text{m}$ .

Порозноста во структурата на мешавината е непосакуван параметар. Високиот порозитет доведува до постигнување на недоволна цврстина на попречен лом, но кај цврстите метали се остваруваат високи густини сè до 99,5% и вообичаено е присутна униформно распределена, што и не е толку штетно.

#### 4.1. Оштетувања кај алатите од волфрам-карбид

Волфрам-карбидот е крт материјал и е многу поцврст кога е оптоварен со напони на притисок отколку напони на истегнување. Неговата цврстина се зајакнува при триаксијално оптоварување. Следствено, дизајнерите на круни имаат за цел да осигураат дека геометријата на круната и начинот на нејзиното оптоварување нема да причинат круната да биде оптоварена со напоните на истегнување во текот на процесот на сечење. Исто така, онаму каде што тоа е можно, би можеле да се постават надградби од цементиран волфрам-карбид врз телото на алатот, на таков начин што триаксијални компресивни напони се применуваат врз надградбите. Наспроти овие мерки на претпазливост (предупредувања), уметоците на круната се кршат на еден крт начин, особено кај цврстите карпи. Еден од главните фактори одговорни за ваквиот тип на лом е *ударното оптоварување* на круната; ударното влијание индуцира бранови на компресивните напони врз уметоците на круната, коишто само делумно се рефлектираат назад од расположливите слободни површини во облик на бранови на напоните на истегнување, што е и причина за лом.

Во некои други случаи, *заморот* може да предизвика создавање на постепено растечка пукнатина при секој циклус, сè додека не се скрши. Со цел да се спречи и минимизира овој тип на цикличен лом, значајно е да се минимизираат вибрациите и потребно е круто водење на круната.

Ломот може да се појави како резултат на слабото присуство на карбидот со ниска жилавост и цврстина на истегнување, на пори во карбидот или пак дебел вар. Тенкиот вар овозможува напоните да бидат

трансмитирани кон носачот на надградбата, каде што тие ќе бидат придушени без појава на оштетување. Високата содржина на кобалт, исто така, го спречува ударниот лом, но како резултат на ниската јакост доаѓа до поголеми оштетувања поради абразивното абење.

#### **4.2. Температури присутни при операции на сечење и кај волфрам-карбидниот алат**

Механичките, хемиските и металуршките карактеристики на материјалите за изработка на алати се, често пати, температурно-зависни, така што кој било абнормален пораст на температурата во текот на операциите на сечење директно влијае врз карактеристиките на алатот, како што се јакоста и цврстината. Брзините на движење на алатот, генерално, ја надминуваат вредноста од 1 m/s и во текот на континуираната операција, врвовите од алатот би можеле да достигнат многу високи температури, во рангот од 600°C до 900°C. Волфрам-карбидните алати при така високи температури почнуваат да омекнуваат, поради што се причинува несакано абење и преран лом на круната.

#### **5. Алати за сечење од компактен поликристален дијамант (PDC)**

Технологијата за сечење на цврсти карпи долго време е во потрага по материјали за изработка на синтетички алати за сечење што ќе може да ги поднесат ригорозните оперативни услови и во исто време ќе работат долго и брзо. Овој тип на истрајност кај алатите поставува растечки барања за повисока отпорност на абразивно абење, како и особини на жилавост. Што се однесува, пак, до прашањето за абразивно абење, денес на располагање се алатите од компактен поликристален дијамант (PDC), со 5-6 пати поголема јакост отколку онаа на волфрам-карбидот. Сепак, PDC е многу поосетлив на крти ломови отколку цементируваниот волфрам-карбид, поради тоа што неговата фрактурна жилавост е 45 МПа, во споредба со 76 МПа на волфрам-карбидот со содржина од 6% кобалт.

Традиционално, абразивно абење е можно кај синтетичките дијаманти, кога истите ќе се применат кај јадрените круни. Сепак, овие дијаманти се склони на силна термичка деградација при температури повисоки од 500°C. Алатите со врвови од синтетички дијаманти упатуваат големи ветувања како следна генерација на алати за сечење на цврсти карпи. Потребно е да се спроведат понатамошни истражувања кои ќе дадат решение за сите проблеми што ќе се јавуваат при екстремните услови на одвивање на операциите на сечење.

## 6. Сечење на карпите асистирано со воден млаз

Примената на асистенција од воден млаз кон пиковите ја претставува технологијата што може да надмине некои од ограничувањата на конвенционалното сечење карпи (слика 2). Повеќето од потенцијалните предности во себе вклучуваат: редуција на силите на сечење, редуција на абеењето на алатот, контрола на температурата во текот на процесот на сечење со елиминирање на искрење, редуцирани ризици од појава на прашина и сèвкупно подобрен процес на сечење.

Механички асистираните процеси на сечење на карпите со воден млаз, успешно се применети кај лежиштата на јаглен и слични формации, но примената на таков еден метод на сечење на цврстите карпи е минимална. Тоа, всушност, е апликација на сечење асистирано со воден млаз кое содржи ветувачки перспективи за зголемување на севкупната ефикасност на секачките операции, вклучувајќи го овде и векот на алатите за сечење.

### Заклучок

Иако механичката екскавација има остварено задоволителен степен на успешност кај релативно „меките“ карпи (јагленот и испарувачките карпи), напорите продолжуваат оваа технологија да избори примена и во режими на цврсти карпи.

Ротационо-пробивните машини (ТВМ), опремени со ротациони диск секачи, имаат остварено солидни резултати во средини со цврсти карпи, при реализацијата на повеќе проекти во областа на градежништвото (слика 3).

Флексибилноста и селективноста, пак, неопходни при рударење на слични карпи би можеле да се остварат со ротационо-лачните машини, но за да може придобивките од работата на таков тип машини целосно да се искористат, потребно е надминување на ограничувањата што се поставуваат во однос на нивната примена.

Во моментов се активни низа истражувачки програми, кои претставуваат обид да се пронајдат одговори за некои од проблемите воочени при рударењето на цврстите карпи со ротационо-лачните машини.

Она што е најзначајно да се каже е дека алатите за сечење претставуваат „тесно грло“ во апликациите за механичко откопување на цврстите карпи со ротационо-лачните машини. Со селекцијата на одговарачки степен на волфрам-карбид, со сигурност би можело да оствари олеснување во оптимизацијата на екскавационите операции.

При зголемување на цврстината на карпите, потребна е соодветно моќна машина за да може да се одговори на барањата за потребната снага. Сепак, ваквата поставеност наметнува прекумерен товар врз алатот.

Примената на воден млаз би можела да го ублажи ова бреме врз повлекувачките круни во текот на просекувачките операции со високи температури, преку намалување на топлината што се генерира на врвот на алатот, а со тоа се продолжува и неговиот век.

Некои нови материјали, како што се компактните поликристални дијаманти (polycrystalline diamond compact - PDC) применети за изработка на повлекувачките круни, суштински се подобри во однос на волфрам-карбидот заради нивната висока отпорност на абразивно абење, но тие алати, пак, претрпуваат големи оштетувања поради нискиот степен на жилавост.

Денеска се вложуваат големи напори за развој на една нова генерација на алати со сечила од синтетички дијаманти кои ја поседуваат неопходната жилавост и имаат зголемена отпорност на абење, при откопувањето на карпи чија неограничена цврстина на притисок достигнува 200 бари и повеќе.

Потребна е понатамошна работа за изнаоѓање на решение за проблемите со кои се соочува механичката екскавација на цврстите карпи. Еден од тие правци е и развојот на синтетичките алати.

Проучувањето на релацијата помеѓу механизмот на абење и содржината на карбидот, евалуацијата на перформансите на различните геометриски облици на алатот за сечење, тестирањето на просекувањето на карпите при повисоки брзини и со различни притисоци и протоци на водениот млаз, како и ударното дејство на алатот кое оди како прилог на акцијата на линеарното просекување со повлекувачка круна, се само некои од насоките кои мора да се следат за да се помогне во унапредувањето на севкупната ефикасност на операциите на механичко просекување на цврстите карпи.

### Литература

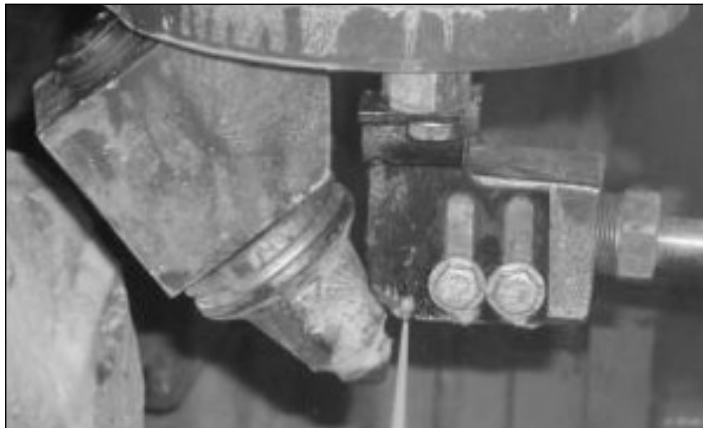
- Summers, D.A., 1968, “Disintegration of Rock by High Pressure Jets,” University of Leeds, UK, PhD thesis.
- Ropchan, D., Wang, F-D. and Wolgamott, J., 1980, “Application of Water Jet Assisted Drag Bit and Pick Cutter for the Cutting of Coal Measure Rocks,” Final Report, Contract No. ET-77-G-01-9082, US Bureau of Mines.
- Hood, M., 1977, “A Study of Methods to Improve the Performance of Drag Bits used to Cut Hard Rock,” Research Report No 35/77, Chamber of Mines of South Africa Research Organisation
- Geier, J.E., Hood, M., and Thimons, E.D., 1987, “Waterjet Assisted Drag Bit Cutting in Medium Strength Rock: A Fundamental Investigation” *Proceedings, 28th US Symposium on Rock Mechanics*, Tucson, AZ

S. T. A. Gillani, N. Butt, 2009 “Excavation Technology for Hard Rocks”,  
Department of Geological Engineering, University of Engineering and  
Technology Lahore, Pakistan, *Pak. J. Engg. & Appl. Science Vol.4*

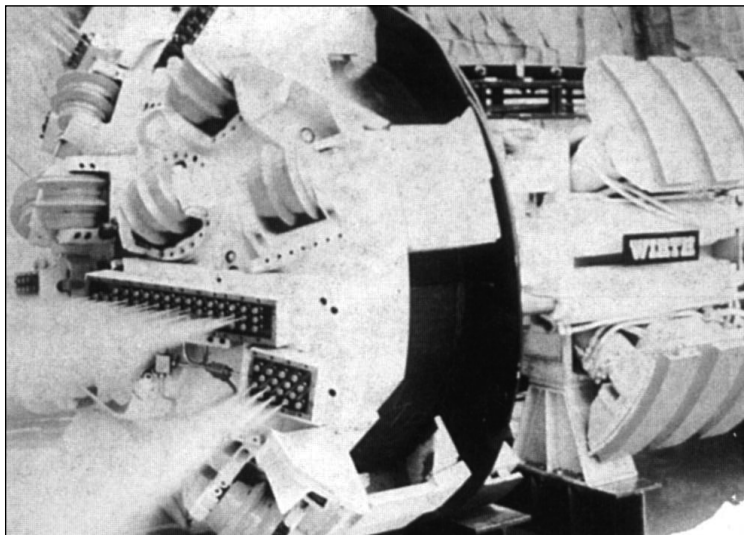
### ПРИЛОГ



*Слика 1* – Ротационо-лачна машина опремена со пикови



*Слика 2* – Конфигурација на заемно дејство на алат-пик и воден млаз



*Слика 3* – Ротационо-пробивна машина асистирана со воден млаз