

ЕЛЕКТРОФИЗИЧНА ТЕХНОЛОГИЯ ЗА ПОДОБРЯВАНЕ ИЗНОСОУСТОИЧИВОСТТА НА ЗЪБИ ЗА МИННИ КОМБАЙНИ

Славчо Дончев

Минно-геоложки университет
"Св. Иван Рилски"
София 1700, България

Генадий Таков

Минно-геоложки университет
"Св. Иван Рилски"
София 1700, България

РЕЗЮМЕ

Високата износостойчивост на режещите инструменти / зъби / е определяща за непрекъснатата и стабилна работа на минните комбайни. Непрекъснатият контакт на зъбите с разрушавания масив се характеризира най-общо със значително ударно натоварване, променливи силови характеристики и силно изразено абразивно износване. В настоящето сравнително изследване проведено в реалните производствени условия на рудник "Бабино" в Бобов дол се коментира една възможност за подобряване на износостойчивостта на зъбите чрез предварителното им обработване в устройство "МУЗ-1", възпроизвеждащо комбиниран електрофизичен процес. Резултатите от продължителните изследвания показваха: намаляване от 2 до 2,5 пъти интензивността на абразивното износване за зъбите обработени предварително в устройство "МУЗ-1"; значително намаляване броя на зъбите претърпяли износване от умора / счупване или изкъртване /.

УВОД

При подземният начин на разработване и добив на полезни изкопаемисе използват високо производителни машини, с които с постига значително увеличаване на производителността на труда и намаляване себестойността на продукцията.

Предимствата които притежават минните комбайни, особено при комплексните технологиични линии за подземен добив на полезни изкопаеми, определят актуалността от тяхното усъвършенстване и ефективно използване. От съществено значение за ефективното и оптимално използване на минните комбайни е дълготрайността, респективно износостойчивостта на режещите инструменти- зъби, монтирани към режещата глава /барабана/ на работния орган.

Работата на минните комбайни се характеризира с непрекъснат контакт на зъбите с разрушавания масив. Всеки зъб описва в пространството сложна крива, извършвайки рязане с голям отрязък /стружка/. Стружките, срязани от отделните зъби имат различни сечения, следователно натоварването на отделните зъби и на работния орган като цяло е неравномерно. Аналогично въздействието се получава и в резултат на нееднородността на масива. Следователно сумарното натоварване на работния орган в значителна степен се определя от режещите качества на отделните му зъби и способността им да се съпротивляват срещу износване.

Последното определи и целта на настоящето изследване, а именно с прилагането на комбинираната магнитно-ултразвукова обработка да се постигне повишаване на износостойчивостта на режещите зъби, а с това и стабилност на процеса на рязане и производителността на труда.

МЕТОДИКА НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Добивните комбайни използвани в подземните рудници, отделят полезното изкопаемо от масива и го натоварват на транспортните средства. Използването на галериините комбайни при прокарането на минните изработки е най прогресивния начин на работа.

Настоящото сравнително изследване е проведено в реални производствени условия на рудник "Бабино", мини "Бобов дол". България при работа на галериини комбайни тип ГКП – 1С и АΙΚOF със селективно действие на работния орган [Инструкция за монтаж и експлоатация ...]. Обикновено при работа на комбайна режещата корона барабана се врязва в разрушителния пласт и след това последователно обработва повърхността на забоя извършвайки въртеливо движение около собствената си ос с честота на въртене $n = 54 \text{ min}^{-1}$ и люлеещо се движение във вертикална и хоризонтална плоскост. Към режещата корона по подходящ начин са монтирани 39 на брой тангенциални режещи зъба, тип РКС – 2. Тялото /захващащата част на режещите зъби/ е изработена от манганова стомана 30Г5, като в предната конусна режеща част е вградена твърдосплавна коронка от еднокорбитна твърда сплав К40 /ВК8/.

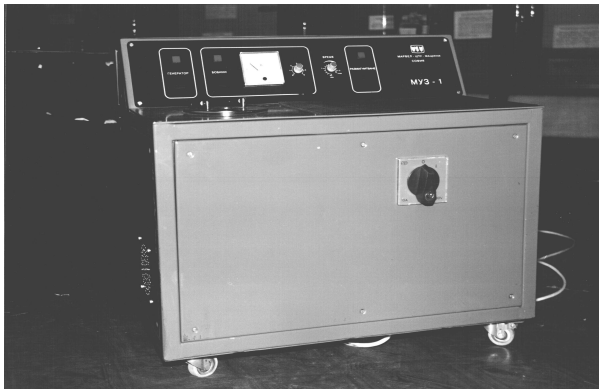
Данните за сечението на проходната част на масива отговарят на 10 м^2 -твърдост /абразивност/ IV степен по Протодяконов.

Изследването на зъбите е отчетено по "тегловния метод", чрез измервания с техническа везна с точност 0,01 гр. За целта предварително се измерваше изходната /началната/ маса - m_n на всеки зъб и тази след 15 сменна / 120 часова/ работа - m_k , като получената разлика определяше големината на абразивното им износване.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ

Изследванията за определяне на износоустойчивостта на "нормални" /нетретирани зъби/ и такива след предварително обработване "третирани" в устройство "МУЗ – 1" /фиг.1/ по комбинираният електрофизичен метод [Македонски, А.; *Makedonski et al.*] се проведеха при пълно спазване на изискванията за сравняване на инструменти в етапа на тяхната експлоатация [Круга, 1983; Башков и др., 1985].

За целта групата третирани зъби бяха обработени в устройство МУЗ-1 /фиг.1/, възпроизвеждащо комбинираният електрофизичен метод.



Фигура 1. Устройство "МУЗ-1"

Същността на метода се състои в поставянето на зъба в постоянно магнитно поле с предварително зададена сила на тока /напрегнатост на магнитното поле/ и време на обработване /триене/. Едновременно с това зъбът се подлага на действието на механична вибрационна енергия с честота от ултразвуковия диапазон в посока успоредна на посоката в която е приложено магнитното поле. Методът се реализира при стайна температура, въздействието е краткотрайно /от няколко секунди до няколко минути/. Механизмът на прилаганото въздействие е сложен и комплексен. Внесената енергия в обработваните материали води до тяхното уякчаване в резултат на предизвикани движения на дефекти и дислокации, довеждащи до трансформации в кристалната решетка и образуването на нова структурна конфигурация.

При съставяне на матрицата на пълният факторен експеримент от вида $N = 2^2$ /таблица 1/ и определяне нивата на вариране на факторите сила на тока – I в [А] и време на третирание - τ в [s] се взе предвид и априорната информация получена в предишните изследвания [Makedonski A., 2001].

След третирането със следващото размагнитване в МУЗ-1, зъбите се монтираха върху режещата корона /барабана/ на комбайна в последователност: нормален зъб-третиран зъб-нормален и т.н. Потози начин случайните фактори, като разнороден състав на полезното изкопаемо,

стабилност на работния орган, респективно на галерииния комбайн и др., или всички величини влизащи в обобщеното понятие условия на работа са взети предвид и тяхното влияние не може да доведе до груби грешки в крайния резултат от изследването. От друга страна пак с цел да бъдат сведени до минимум експерименталните грешки във всяка точка на факторното пространство са обработвани и изследвани по 4 /3/ зъба т.е. условието за повтаряемост е спазено.

Експлоатацията на зъбите продължи 15 смени отговарящи на 120часова работа в рудника, след което се демонтираха, изнесоха се на повърхността и за всеки един се проведе контрол в две направления:

- измерване на крайното тегло /маса/ на техническа везна;
- отчитане на настъпилите външни изменения-деформации и пукнатини по тялото, нормалното или катастрофалното в твърдосплавната корона /фиг.2/.



Фигура 2.

Получените резултати от измерванията и следващо пресмятане са дадени в таблица 1.

От статистическата обработка на експерименталните данни са получени следния статистически модел за износването на третирани зъби – И, в кодово и натурално изражение:

$$\hat{Y} = 2.468 - 0.075X_1 - 0.075X_2 - 0.016X_1X_2 \quad (1)$$

$$I = e^{2.793} \cdot I^{0.02} \cdot \tau^{0.041} (I.\tau)^{0.032} \quad (2)$$

Статистическия анализ доказва възпроизводителността на опитите, значимостта на коефициентите и адекватността на модела.

Таблица 1

№ код	Кодово означение		ПМП + УЗ натурални стойности		Резултати от измерванията		И	Y = ln I	Ŷ
	X1	X2	I [A]	τ [сек]	m _н [гр.]	m _к [гр.]			
1; 1'; 1''; 1'''	1	1	6	60	460	450; 450; 450; 449	10	2.302	2.302
2; 2'; 2''; 2'''	-1	1	2	60	460	449; 448; 448; 448	12	2.485	2.484
3; 3'; 3''; 3'''	1	-1	6	10	460	449; 448; 447; 447	12	2.485	2.484
4; 4'; 4''; 4'''	-1	-1	2	10	460	447; 447; 446; 446	12,5	2.602	2.602
5; 5'; 5''; 5'''	0	0	4	35	460	448; 448; 447	12	2.485	2.468
Нетретирани зъби					460	430... 410	30... 50		

ТЕХНИКО – ИКОНОМИЧЕСКИ АНАЛИЗ

Технико икономическата ефективност представлява обобщен показател за оценка на резултатите от изследването. Тя е многостранно понятие и може да се оценява по различни критерии като:

Осигуряване на висока производителност на труда

Един от факторите обезпечавачи високата производителност на труда при механичната обработка се явява увеличената трайност, респ. износостойчивостта на режещите инструменти.

От резултатите получени след третирането на зъбите по комбинирания електро физичен метод се вижда, че значително намалява тяхното износване, а също липсват изкъртвания /счупвания/ в твърдосплавните коронки, което от една страна подобрява производителността, вследствие на създадената възможност по голям брой режещи зъби пълноценно да участват в процеса на рязане, а от друга от неколкостранно намаляване на спомагателното време за смяна на инструментите. Всичко това положително рефлектира върху стабилизиране работата на комбайна и процеса на рязане като цяло.

Снижаване себестойността на продукцията

Предвид същността на процеса, а именно рязане на скална маса без изискване за точност и качество на отрязаната повърхност, снижаването на себестойността на операцията се явява определяща при търсене на решения. Увеличаването на трайността на режещите инструменти води до намаляване броя на необходимите инструменти за

осъществяването на даденото производство, а това допринася за снижаване себестойността на произвежданата продукция.

От проведеното изследване в мини “Бобов-дол” и отчитайки производствените условия на рудник “Бабино”, а именно: брой минни комбайни – 4, единична цена на зъб-10лв., при годишен разход от 8112 зъба се оказва, че прилагането на процеса магнитно-ултразвуково третиране върху зъбите ще доведе до намаляване на разходите за последните с 45240 лв.

В заключение от проведеното сравнително изследване могат да се направят следните обобщаващи изводи:

1. Износостойчивостта на третирани зъби е от 2 до 2,5 пъти от тази на нормалните / нетретирани /.
2. Характерните счупвания откъртвания на твърдосплавните коронки за стандартните зъби не се наблюдават при третирани /фиг.2/.
3. Технико-икономическия анализ на резултатите показва, че при съществуващите условия в мини “Бобов-дол”, като се отчита само покупната цена за режещите зъби, внедряването на едно устройство МУЗ-1 ще има срок на откупуване от 4 до 5 месеца.
4. С висока степен на достоверност може да се прогнозира годишната потребност от зъби за всеки отделен рудник, което е пряко свързано с ефективното управление на инструменталните потоци.

ЛИТЕРАТУРА

- Инструкция за монтаж и експлоатация на галериен комбайн ГКП-С. Мини “Бобов-дол”, Р.България.
- Македонски А., Повишаване трайността на режещите инструменти чрез предварителни енергийни въздействия. Дисертация к.т.н., София.
- Македонски А., Метод и технологи упрочнения инструментый для механическа обработка на инсталация МУЗ-1. International Conference on Projektowanie Procesow technologicznych TPP98, p.p.87-91, Poznan.
- Makedonski A., B. Makedonski: An Electrophysical Method for Enhancing the Durability /Under Wear/ of Tools and Parts&Development and Deficas Thereof. 2-nd Asia-Pasific Forum PSFDT 2001, Conference proceedings, pp.253-57, Konkuk University, Seoul, Korea.
- Круга Г.К., 1983. Статистические методы в инженерных исследованиях. Москва. “Высшая школа”.
- Башков В.М., Кацев П.Г., 1985. Испитания режущего инструмента на стойкость. Москва. Машиностроение.
- Makedonski A., 2001, Durability /Under Wear/ of the Cuttters-Loaders After Treatment. Conference at Miskolc, Conference proceedings, pp.49-53, Miskolc, Hungary.

Препоръчана за публикуване от катедра “Механизация на мините”, МЕМФ

AN ELECTROPHYSICAL TECHNOLOGY FOR IMPROVEMENT OF THE DURABILITY (UNDER WEAR) OF THE CUTTERS OF THE CUTTER-LOADERS

Slavtcho Dontchev

University of Mining and Geology
"St. Ivan Rilski"
Sofia 1700, Bulgaria

Genadi Takov

University of Mining and Geology
"St. Ivan Rilski"
Sofia 1700, Bulgaria

ABSTRACT

The high durability (under wear) of the cutting tools (cutters) determines both continuous and stable operation of the cutter loaders. The continuous contact of the teeth (cutters) to the material mass being destructed is to be characterized by significant impact loading, variable characteristics of the forces, and a highly expressed abrasion. In this comparative study, which was carried out under the field conditions of the pit "Babino" (the Bulgarian "Bobov dol" mines), a possibility for improvement of the durability (under wear) of the cutters by means of its preliminary treatment in the "MUS-1" device is to be commented, said device being replicated the action of a combined electrophysical method. The outcome of an investigation for long shows: decrease of the abrasion from two to two and a half folds for the teeth being preliminary treated in the "MUS-1" device; significant decrease of the number of the teeth being subject to wear following from fatigue (breakage and break off of the crowns).

INTRODUCTION

In the underground exploitation and mining of the deposits are used high-performance machines, by means of which both significant increase of the productivity and decrease of the production costs is achieved.

The advantages possessed by the cutter-loaders, particularly in the case of the complex technological lines for mining of the (ores and) minerals, are determining the actuality of their enhancement and effective use. Of significant importance for the effective use of the cutter loaders is the resistance to wear (i.e. the durability) of the cutting tools- the cutters mounted to the cutting drum of the working head thereof.

The operation of the cutter-loaders is characterized by a continuous contact of the teeth (cutters) to the material mass being destructed. Each of the cutters draws a complex curve in the space during the cutting with a small cut (chip). The chips being cut from the separate cutters have different cross-sections, hence the loading of both individual cutters and the working head is uneven. The same effect results from the material mass when being none homogenous. Consequently, the total loading of the working head at a significant extent is defined from both cutting properties of its individual cutters and their durability (under wear).

The latter defines the purpose of this study, i.e. to increase the cutters' durability (under wear), and thus to enhance both cutting process stability and labor productivity by the application of a combined magnetic-ultrasound treatment.

EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS AND ANALYSIS OF THE OUTCOME OF THE TEST

The investigations for determining the wear resistance of both "standard" (i.e. untreated) and "treated" teeth (i.e. preliminary treated in the "MUS-1" device, see Fig. 1) by means of a combined electrophysical method [Македонски, А.; Makedonski A. et al.] were performed under strict

RESEARCH PROCEDURE

The cutter-loaders used in the underground pits separate (ores and) minerals from the mass and load it into a transport. The use of heading machines in the mine practice represents the most progressive means for working.

The present comparative study was accomplished under real production conditions in the pit "Babino" of the mines "Bobov dol" (Bulgaria) in the case of a type "ГПК-1С" heading machine featuring selective action of its working head [Инструкция за монтаж и експлоатация ...]. Usually, under service conditions the working head of the combined cutter-loader cuts in the destroyed layer and after that successively process the surface of the face, thus performing a rotary motion around its proper axis at a rotational speed $n = 54 \text{ min}^{-1}$, and a tilting motion in both horizontal and vertical plane thereof. To the working head in a suitable manner are mounted 39 pieces of tangential cutting teeth of the type "ПКС-1И". The body (i.e. the gripping part of the cutting teeth) is made of the GOST grade "30Г5" manganese steel, and in the front conical part of the tooth (its head) is embedded the hard- alloy crown made of a monocarbide hard alloy of the type K40 (BK8).

The data for the section of the pass part of the work-mass are corresponding to hardness (abrasion) of 10 m^2 , categorized as being of the IVth degree, according to Protodiakonov.

The teeth wear was given by the "weighing method" via measuring by means of a technical scales with an accuracy of 0,01 g. For this purpose, both initial mass, m_{in} , of the every tooth and its mass after 15-shift (120 hr.) service, m_{out} , were measured, thus the resulting difference giving their abrasive wear.

observation of the requirements for the tools comparison during their service stage [Кряза, 1983; Башков и др., 1985].

With this purpose in view, the treated group of teeth were prepared for treatment in the "MUS-1" type apparatus (Fig. 1), said apparatus reproducing said combined electrophysical method.

The essence of said method consisting of a placement of the tooth in a constant magnetic field under preliminary given both magnitude of the current (i.e. field strength) and treatment time. At the same time, the tooth is submitted to the influence of a mechanical vibration energy with a frequency in the ultrasound range in direction parallel to that of the applied magnetic field. The method is carried out under room temperature and its impact is of short duration (from some seconds to few minutes). The mechanism of the exercised influence features complexity in its nature proper. The energy input in the materials treated by the method leads to their strengthening, the latter resulting from induced movements of defects and dislocations, which are bringing sometimes to both transformation of the crystal lattice and forming of new structure configurations.

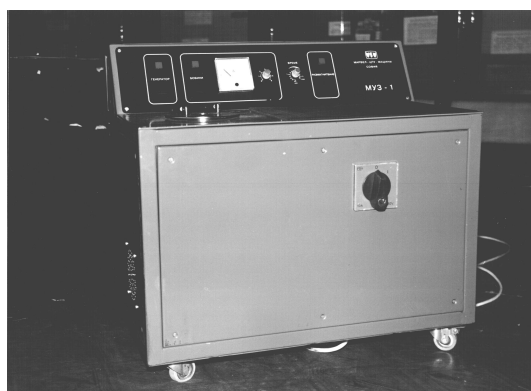


Figure 1. The MUS-1 device

During the drawing up of the matrix of the full factor experiment of the kind $N = 2^2$ (Table № 1) and determination of the levels for the factors' variation- the amperage I , in [A] and the treatment time τ , in [s]- the *a priori* information received in previous similar studies was considered [Makedonski A., 2001].

After treatment with subsequent demagnetizing in the MUS-1 apparatus, the teeth were mounted in the working head of the combined cutter-loader in the following succession: standard tooth – treated tooth – standard tooth, etc. Thus, the accidental factors, e.g. various composition of the (ores and) minerals, stability of the working head or that of the heading machine (i.e. the coal getter-loader) , etc., or all of the quantities entering in the generalized notion of the "working conditions" have been considered, in order to eliminate the coarse errors in the final outcome from the research. On the other hand, again in order to minimize the experimental errors in every point of the factor's space, four or three teeth have been investigated, i.e. the condition for a recurring has been observed.

The duration of the teeth service was 15 shifts or 120 hr. work in the pit, after which the teeth were disassembled, brought to the ground surface and for every tooth was carried out a control in two directions:

- Measurement of the final weight (mass) thereof by means of a technical scales;
- Recording of the external changes occurred- deformation and cracking- deformation and cracking of

the body, and breakage (tears off) in the hard-alloy working head (Fig.2).



Figure 2.

Both outcome of the measurements and calculated values are given in the Table 1.

From the statistical treatment of the experimental data, the following statistical model for the wear of the treated teeth, W , was obtained both in code and natural expression:

$$\hat{Y} = 2.468 - 0.075X1 - 0.075X2 - 0.016X1X2 \quad (1)$$

$$\hat{U} = e^{2.793} \cdot I^{-0.02} \cdot \tau^{-0.041} (I \cdot \tau)^{-0.032} \quad (2)$$

The statistical analysis approves the reproducibility of the tests, the importance of the coefficients and the model adequacy.

Table 1

the teeth will bring to costs lowering thereof of the order of some 45,240 BGN.

Arriving at a conclusion, from the accomplished comparative study one may draw the following generalized deductions:

- The wear resistance of the treated teeth is from two to two and half times higher than that of the standard (untreated) ones.
- The typical breakage and break off of the hard-alloy crowns for the standard teeth are not observed in the case of treated ones (Fig. 2).
- The technical- economical analysis of the results shows that under existing conditions, bearing in mind only the purchasing price of the cutters, the implementation of one apparatus of the type MUS-1 will have a return on investment period (ROI) from four to five months.
- With a high degree of authenticity one may forecast the yearly need for teeth for every pit (mine), the latter being directly related to the effective management of the tool flows thereof.

TECHNICAL AND ECONOMICAL ANALYZIS

The technical-economical effect represents a generalized indicator for evaluation the outcome of this research. Bearing in mind the fact that this effect is a multilateral notion, its can be evaluated regarding different criteria, e.g.:

Providing for a high productivity

One of the factors providing a high productivity during machining is the enhanced tool life, or the durability (under wear) of the cutting tools, respectively.

From the results obtained after treatment of the teeth by the combined electrophysical method it is evident that its significantly reduces the wear thereof, also, break off (breakage) in the hard-alloy crowns which, on the one hand, improves the productivity- as a result of the created possibility for bigger number of teeth to take part to a greater extent in the cutting process-, and on the other hand, following the many times decreased auxiliary time for the tools change. All of this positively reflects on both stabilization of the work of the mining machine and cutting process as a whole.

Lowering of the (manufacturing) cost

Considering the essence of the process, i.e. cutting of a rocky mass without the requirement for accuracy and quality of the cut surface, to cut the cost is to be considered determining in the decision making process. The increase of the cutting tools life leads to a decrease of the number of the tools needed for a given process accomplishment This, in turns, contributes for lowering the cost of produced items.

From the research made in the "Bobov dol" mines and bearing in mind the production conditions in the pit "Babino", in particulars: number of combined cutter-loaders- four pieces, unit price per tooth-10 BGN, and assuming an yearly consumption of 8,112 teeth, it turn out (to be) that the application of the process of magneto-ultrasound treatment of

REFERENCES

- Инструкция за монтаж и експлоатация на галериен комбайн ГКП-С. Мини "Бобов-дол", Р.България.
- Македонски А., Повишаване трайността на режещите инструменти чрез предварителни енергийни въздействия. Дисертация к.т.н., София.
- Македонски А., Метод и технологи упрочнения инструментый для механическа обработка на инсталация МУЗ-1. International Conference on Projektowanie Procesow technologicznych TPP98, p.p.87-91, Poznan.
- Makedonski A., B. Makedonski: An Elektrophysical Method for Enhancing the Durability /Under Wear/ of Tools and Parts&Development and Deficas Thereof. 2-nd Asia-Pasific Forum PSFDT 2001, Conference proceedings, pp.253-57, Konkuk University, Seoul, Korea.
- Круга Г.К., 1983. Статистические медоды в инженерных исследованиях. Москва. "Высшая школа".
- Башков В.М., Кацев П.Г., 1985. Испитания режущего инструмента на стойкость. Москва. Машиностроение.
- Makedonski A., 2001, Durability /Under Wear/ of the Cutters of the Cutter-Loaders After Treatment. Conference at Miskolc, Conference proceedings, pp.49-53, Miskolc, Hungary.

Recommended for publication by Department of

Mine Mechanization, Faculty of Mining Electromechanics