

УДК 621.93.026.001.5

Вплив теплофізичних властивостей абразивного армованого круга на його зносостійкість

Юрій Абрашкевич¹, Григорій Мачишин², Олена Човнюк³

Київський національний університет будівництва і архітектури (КНУБА)

Повітрофлотський просп. 31, Київ, Україна, 03680

¹abrashkevich.iud@knuba.edu.ua, orcid.org/0000-0001-8396-7812

²machyshyn.gm@knuba.edu.ua, orcid.org/0000-0002-8230-0060

³e23@ukr.net, orcid.org/0000-0002-3364-8802

Отримано 12.03.2018; прийнято 10.04.2018

DOI: 10.26884/gbdmm1891.0304

Анотація. Щорічне споживання абразивних армованих кругів обраховується сотнями мільйонів штук. Круги є складною композицією, яка складається із абразивного зерна, що закріплене в полімерній матриці. В процесі аналітичних досліджень встановлено, що зносостійкість кругів в основному визначається теплофізичними показниками бакелітової зв'язки.

Визначення кореляційного зв'язку між зносостійкістю абразивного армованого круга та теплофізичними показниками полімерної матриці дозволить підвищити його зносостійкість та експлуатаційні показники. Визначення температури, що виникає в процесі різання чи зачищення є складною задачею. Її вирішення дозволить змінювати теплофізичні параметри складових круга і, як наслідок, стане можливим керувати тепловими процесами та зносостійкістю абразивних відрізних і зачисних кругів армованих склосіткою. Дослідження проводилися експериментальним шляхом з реєстрацією питомої теплоємності та теплопровідності, що залежать від матриці круга. Визначався вплив армувальної склосітки на теплофізичні показники. Встановлено, що склосітка суттєво не впливає на теплопровідність круга, а також, що між зносостійкістю абразивного армованого круга та коефіцієнтом температуропровідності існує кореляційний зв'язок. Зі збільшенням коефіцієнта температуропровідності на 50% коефіцієнт шліфування збільшується на 20%. Одним із важливих напрямків підвищення зносостійкості абразивних армованих кругів є введення в їх склад модифікаторів, які дозволяють

підвищити теплопровідність і одночасно знизити теплоємність інструмента.

Це може бути досягнуто шляхом введення домішок як у зв'язуюче, так і в армуючу склосітку круга, а також шляхом металізації абразивних зерен та застосуванням нових зв'язуючих з підвищеними теплофізичними властивостями.

Ключові слова: абразивний армований круг, армуюча склосітка, теплопровідність, зносостійкість.

ВСТУП

Абразивні армовані круги отримали масове поширення не тільки в будівельній, а й інших галузях народного господарства [1]. Щорічне споживання кругів обраховується сотнями мільйонів штук. Відповідно, питання, які пов'язані з підвищенням безпечного та ефективного використання абразивних армованих кругів, мають важливе значення [2].

В процесі проведення аналітичних досліджень [3, 4] встановлено, що зносостійкість абразивних армованих кругів в основному визначається теплофізичними показниками бакелітової зв'язки.

В роботі наведені результати експериментальних досліджень з визначення впливу теплофізичних параметрів абразивних армованих кругів на їх основний економічний показник – зносостійкість, а також експлуатаційні показники.

МЕТА РОБОТИ

Мета роботи – визначення кореляційно-го зв'язку між зносостійкістю абразивного армованого круга та теплофізичними показниками полімерної матриці, що дозволить підвищити його зносостійкість і експлуатаційні показники.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Зносостійкість та експлуатаційні параметри кругів визначаються тепловими процесами, що протікають у матриці круга під час різання [5, 6].

Визначення температури, що виникає в процесі різання чи зачищення, є складною задачею. Вона вирішувалася за допомогою функції Гріна на основі розгляду рівняння теплопровідності. В результаті отримано достатньо громіздку аналітичну залежність, яка в статті не наводиться. Зупинимося на деяких результатах.

Значення температур визначається за залежністю

$$T = \frac{1}{c\rho} \exp(-P_e), \quad (1)$$

де T – температура у зв'язці круга;

$P_e = \frac{RV_p}{\alpha} = \frac{RV_p c\rho}{\lambda}$ – критерій Пекле;

c , ρ , α , λ – теплоємність, щільність, температуропровідність та теплопровідність матеріалу зв'язки круга; V_p – робоча швидкість круга; R – радіус круга відповідно.

Змінюючи теплофізичні параметри, можливо керувати тепловими процесами та зносостійкістю абразивного армованого круга.

При виборі обладнання для визначення теплофізичних показників були проаналізовані прилади [7], які застосовують в теперішній час. При цьому враховувалося, що бакелітова зв'язка при температурі 580...600 К втрачає міцність. В результаті було вибрано вимірювальну апаратуру для

дослідження теплопровідності та питомої теплоємності.

Коефіцієнт теплопровідності λ визначається за допомогою вимірювача теплопровідності ІТ-400. Пристрій обладнаний гальванометром і складається із двох блоків: вимірювального, живлення та регулювання. Блок живлення та регулювання забезпечує нагрівання ядра вимірювальної комірки із середньою швидкістю близько 0,1 К/с і автоматичне регулювання температури. Швидкість розігріву та її зміна визначається величиною початкової напруги на нагрівачі і регулюється автоматично.

Для визначення теплопровідності в процесі безперервного розігріву на фіксованих рівнях температури застосовувався гальванометр, що вимірює перепад температур на зразку і пластині тепломіра. Для вимірювання температури застосовуються термопари хромель-алюмінієві з діаметром електродів 0,2 мм. В градуйованих дослідах з еталонними зразками із кварцового скла та міді визначалися поправки з врахуванням теплового опору контакту, неідентичність, опір закладення термопар, а також теплова провідність пластини тепломіру. Для покращення теплового контакту зразків застосовано теплостійке мастило марки ПФМС-4.

Для вимірювання питомої теплоємності застосовувався метод теплового аналізу. Дослідження виконувалися на установці, яка складається із трьох блоків: С – калориметра, приводу лінійного нагріву та живлення. Блок живлення обладнаний стабілізатором напруги СН-500 та двома регуляторами типу РНШ. В блок калориметра, виготовленого із червоної міді, симетрично вмонтовано дві діатермічні оболонки з міде-константовими термобатарейми, які виготовлені електролітичним способом. Температура зразків вимірюється диференціальною міде-константовою термопарою. Термобатарей діатермічних оболонок, в які поміщений еталон (зразок із плавленого кварцу) і досліджуваний зразок, увімкнені назустріч один одному по диференціальній схемі. Всі сигнали поступають на потенціометр ЕПП-09 та реєструються ним.

При визначенні досліджуваного діапазону температур в абразивних армованих кругах механічним способом виготовлялися зразки діаметром 7 мм та визначалася їх питома теплопровідність в залежності від температури. На Рис. 1 відображено залежності питомої теплоємності c_p від температури. За збільшення температури питома теплоємність збільшується. В інтервалі температур 520...600 К спостерігається різка зміна питомої теплоємності, що свідчить про деструкцію та різке зменшення міцності зв'язки абразивного круга. В зв'язку з цим подальше дослідження виконувалося в діапазоні температур 295...520К.

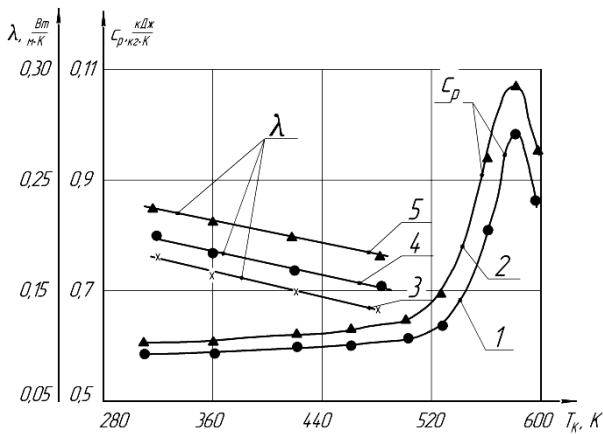


Рис. 1. Залежність зміни питомої теплоємності C_p та теплопровідності λ від температури T_k : 1 – круг із однією склосіткою (Д400х4х32мм); 2 – круг із двома склосітками (Д400х3х32мм); 3 – круг без склосітки; 4 – круг із однією склосіткою; 5 – круг із двома склосітками

Fig. 1. Dependence of change in specific heat capacity C_p and thermal conductivity λ on temperature T_k : 1 – circle with one glass fiber (Д400х4х32мм); 2 – circle with two glass chains (Д400х3х32мм); 3 – circle without glass cuttings; 4 – circle with one glass fiber; 5 – circle with two glass chains

Для визначення впливу армувальної склосітки на теплофізичні показники вимірювалася теплопровідність зразків кругів, армованих і неармованих склосіткою. Армуюча склосітка суттєво не впливає на теплопровідність інструмента (див. Рис. 1).

З метою дослідження впливу компонентів круга на його теплофізичні та експлуатаційні показники разом зі стандартними випробувалися круги, у склад яких вво-

дилися комплексні домішки (цинк та оксид цинку), формиат нікелю, графіт. Крім того, досліджувалися круги, що армовані склосітками і які просякнуті СФП-012А, в склад якої вводилися графіт, оксид магнію, оксид титану та пластифіковані кремнійорганічні сполуки. Круги досліджувалися і випробувалися на зносостійкість із використанням стенда для різання труб 76х4 мм, 89х4 мм із вуглецевої сталі (сталь 10). В процесі випробувань визначався вплив домішок на зносостійкість кругів. На Рис. 2 наведена гістограма зносостійкості в залежності від типу круга. Зносостійкість кругів, які містять комплексну добавку на 25% і формиат нікелю на 17% вище чим у стандартних.

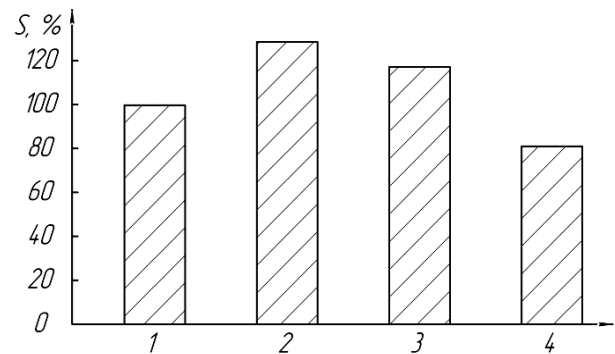


Рис. 2. Гістограма зміни зносостійкості абразивних армованих кругів: 1 – серійного; 2 – з комплексною домішкою; 3 – з формиатом нікелю; 4 – з графітом

Fig. 2. Histogram changes in wear resistance of abrasive reinforced circles: 1 – serial; 2 – with a complex admixture; 3 – with nickel formate; 4 – with graphite

Збільшення зносостійкості кругів з комплексною домішкою пояснюється підвищенням міцності зв'язуючого та більшою теплопровідністю, так як цинковий порошок покращує відведення тепла із зони різання. Підвищена зносостійкість кругів з формиатом нікелю пояснюється тим, що при підвищенні температури у зоні різання відбувається поглинання тепла, обумовлене розкладанням домішки, а також виділенням високодисперсної металевої фази в зоні різання, що збільшує теплопровідність інструмента.

Більш низька зносостійкість кругів з домішками графіту пояснюється зменшенням

твердості інструмента та погіршенням його теплофізичних властивостей.

На Рис. 3 наведені результати теплофізичних досліджень кругів. Теплопровідність кругів з комплексною домішкою та форміатом нікелю вище, чим у стандартних з графітом. При цьому найбільша теплопровідність спостерігається у кругів з форміатом нікелю. Разом з тим, питома теплоємність кругів з форміатом нікелю у два рази вища, ніж у кругів з комплексною добавкою. Результати дослідження показують, що теплофізичні властивості не можуть характеризуватися якимось одним із теплофізичних показників, тобто теплопровідністю або питомою

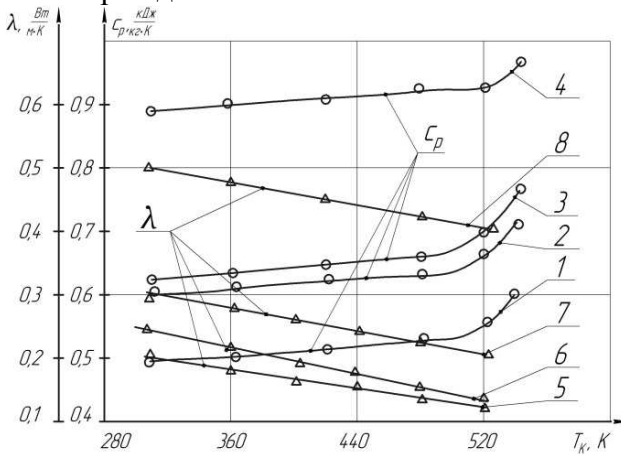


Рис. 3. Залежність зміни питомої теплоємності C_p та теплопровідності λ від температури T_k для кругів: 1 - з комплексною домішкою; 2 - серійного; 3 - з домішкою графіту; 4 - з домішкою форміату нікелю; 5 - з домішкою графіту; 6 - серійного; 7 - з комплексною домішкою; 8 - з домішкою форміату нікелю

Fig. 3. The dependence of the change in the specific heat C_p and thermal conductivity λ on the temperature T_k for circles: 1 - with a complex admixture; 2 - serial; 3 - with an admixture of graphite; 4 - with an admixture of nickel formate; 5 - with an admixture of graphite; 6 - serial; 7 - with a complex admixture; 8 - with an admixture of nickel formate

Тому при визначенні впливу теплофізичних показників на зносостійкість абразивних армованих кругів пропонується приймати коефіцієнт температуропровідності [9], який залежить від теплопровідності, питомої теплоємності, щільності матеріалу круга:

$$\alpha = \frac{\lambda}{c_p \cdot \rho}, \quad (2)$$

де λ - коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К); c_p - питома теплоємність, Дж/(кг·К); ρ - щільність круга, кг/м³.

На Рис. 4 наведені залежності, що характеризують зміну коефіцієнта температуропровідності α від температури T для досліджуваних кругів з різними домішками. Зносостійкість має кореляційний зв'язок з коефіцієнтом температуропровідності (див. Рис. 2, 4). Так, у кругів з комплексними домішками, які мають найбільш високий коефіцієнт температуропровідності – максимальна зносостійкість.

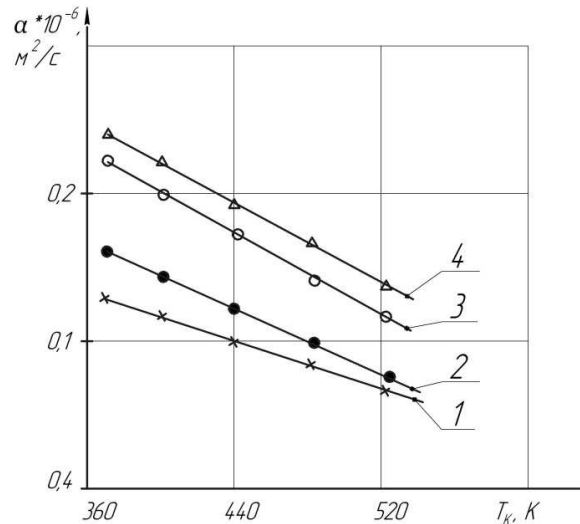


Рис. 4. Залежність зміни коефіцієнта температуропровідності α від температури T_k для кругів з різними домішками: 1 - з графітом; 2 - серійного; 3 - з форміатом нікелю; 4 - з комплексною домішкою

Fig. 4. The dependence of the change in the coefficient of temperature-conductivity α on temperature T_k for circles with different impurities: 1 - graphite; 2 - serial; 3 - nickel formate; 4 - complex admixture

На Рис. 5 наведені теплофізичні показники кругів, які армовані дослідними склосітками. Температуропровідність кругів, армованих модифікованими склосітками, вище чим у кругів зі стандартними склосітками. Це пояснюється адитивним внеском комплексних домішок в загальну композицію круга. Відповідно, зміна теплофізичних

властивостей круга може бути досягнена не тільки за рахунок модифікації зв'язки, але й за рахунок армуючої склосітки.

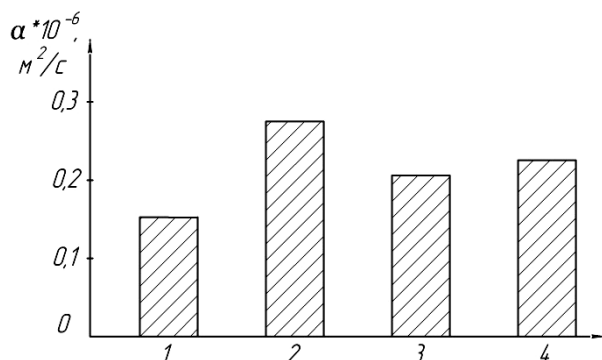


Рис. 5. Залежність зміни коефіцієнта температуропровідності α від просякнення армуючої склосітки: 1 - для серійного круга; 2 - для СФП-012 з оксидом магнію; 3 - для СФП-012 з графітом; 4 - для СФП-012 з титаном

Fig. 5. The dependence of the change in the coefficient of temperature α on the penetration of the reinforcing glass fiber: 1 - for the serial circle; 2 - for СФП -012 with magnesium oxide; 3 - for with SFP -012 with graphite; 4 - for СФП -012 with titanium

На Рис. 6 наведено гістограму зносостійкості кругів із зв'язкою СФП-012, які армовані склосітками з різними теплофізичними властивостями. Зносостійкість кругів підвищується зі збільшенням коефіцієнта температуропровідності.

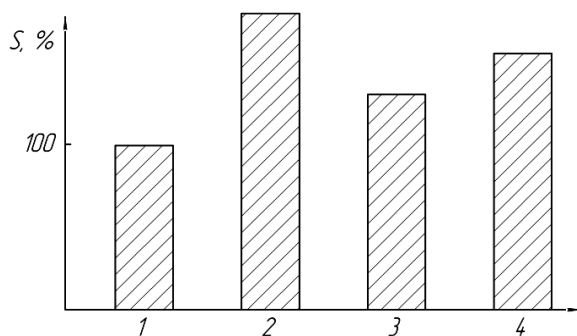


Рис. 6. Залежність зміни зносостійкості круга S від просякнення його армуючої склосітки: 1 - для серійного круга; 2 - для СФП-012 з оксидом магнію; 3 - для СФП-012 з графітом; 4 - для СФП-012 з титаном

Fig. 6. Dependence of changing wear-resistance of a circle S on the piercing of its reinforcing glass fiber: 1 - for the serial circle; 2 - for СФП -012 with magnesium oxide; 3 - for with СФП-012

Таким чином, задача, що пов'язана з підвищенням зносостійкості абразивного армованого круга, повинна вирішуватися шляхом збільшення теплофізичних властивостей зв'язуючого та армувальної склосітки.

ВИСНОВКИ

Між зносостійкістю абразивного армованого круга та коефіцієнтом температуропровідності існує кореляційний зв'язок. Зі збільшенням коефіцієнта температуропровідності на 50% коефіцієнт шліфування збільшується на 20%.

Одним із важливих напрямків підвищення зносостійкості абразивних армованих кругів є введення в їх склад модифікаторів, які дозволяють підвищити теплопровідність і одночасно знизити теплоємність інструмента. Це може бути досягнуто шляхом введення домішок як у зв'язуюче, так і в армуючу склосітку круга, а також шляхом металізації абразивних зерен та застосуванням нових зв'язуючих з підвищеними теплофізичними властивостями.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Механізація трудомістких процесів** / Ю.Д. Абрашкевич, В.М. Смірнов, Л.Є. Пелевін, В.П. Рашківський. – Київ: КНУБА, 2006. – 180 с.
2. **Абрашкевич Ю.Д.** Вплив армування на безпеку експлуатації абразивних кругів / Ю.Д. Абрашкевич, Г.М. Мачишин, В.П. Тишковець. // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – 2015. – № 85. – С. 54-59.
3. **Абрашкевич Ю.Д.** Эксплуатация абразивных армированных кругов / Ю.Д. Абрашкевич, Л.Е. Пелевин, Г.Н. Мачишин. // Монтажные и специальные работы в строительстве. Ежемесячный научно-технический и производственный журнал. – 2016. – № 4. – С. 30-32.
4. **Абрашкевич Ю.Д.** Підвищення ефективності машин з абразивним інструментом / Ю.Д. Абрашкевич, Г.М. Мачишин, О.В. Човнюк, Т.Ф. Щербина. // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – 2016. – № 87. – С. 56-62.

5. **Абрашкевич Ю.** Вимоги до технології виготовлення, зберігання та безпечної експлуатації абразивних армованих кругів / Ю. Абрашкевич, Г. Мачишин, В. Тишковець. // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – 2017. – № 89. – С. 48-55.
6. **Абрашкевич Ю.Д.** Влияние конструкции приводной машины на износостойкость абразивных армированных кругов / Абрашкевич Ю.Д., Пелевин Л.Е., Мачишин Г.Н. // Монтажные и специальные работы в строительстве. Ежемесячный научно-технический и производственный журнал. - № 4. - 2017. - С. 7-9.
7. **Засорнов О.С.** Розробка приладу для керування обладнанням при дослідженні теплових властивостей матеріалів спеціального призначення // Проблемы легкой и текстильной промышленности на пороге нового века. Сборник трудов всеукраинской научно-технической конференции. – Херсон: ХГТУ. – 1999. – С. 33.
8. **Ликов А.А.** Теплообмен. М.: Энергия, 1978. – 479 с.
9. **Абрашкевич Ю.Д.** Математична модель теплових процесів при роботі полімерно-абразивної щітки / Ю.Д Абрашкевич, Г.М. Мачишин, О.В. Човнюк. // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. - Київ, 2014 - № 83 - С. 91-96.
4. **Abrashkevich Ju.D., Machishin G.M., Chovnjuk O.V., Shherbina T.F., 2016.** Pidvishhennja efektyvnosti mashin z abrazivnim instrumentom [Improving the efficiency of machines with abrasive tool]. Girnichi, budivel'ni, dorozhni ta meliorativni mashini [Mining, construction, road and reclamation machines], Nr. 87, 56-62. (in Ukraine).
5. **Abrashkevich Ju., Machishin G., Tishkovec' V., 2017.** Vimogi do tehnologii vigotovlennja, zberigannja ta bezpechnoi ekspluatacii abrazivnih armovanih krugiv [Requirements for the technology of manufacturing, storage and safe operation of abrasive reinforced circles]. Girnichi, budivel'ni, dorozhni ta meliorativni mashini [Mining, construction, road and reclamation machines], Nr. 89, 48-55. (in Ukraine).
6. **Abrashkevich Ju.D., Pelevin L.E., Machishin G.N., 2017.** Vlijanie konstrukcii privodnoj mashiny na iznosostojkost' abrazivnyh armirovannyh krugov [Influence of the design of the drive machine on the wear resistance of abrasive reinforced wheels]. Montazhnye i special'nye raboty v stroitel'stve. Ezhemesjachnyj nauchno-tehnicheskij i proizvodstvennyj zhurnal [Assembly and special works in construction. Monthly scientific, technical and production magazine], Nr. 4, 7-9. (in Russian).
7. **Abrashkevich Ju.D., Pelevin L.E., Fomin A.V., Garkavenko O.M., 2011.** Osnovi teorii robochih procesiv obrobki budivel'nih materialiv i konstrukcij abrazivnim instrumentom. Monografija [The basis of the theory of the robotic processes of the obrobki of the ordinary material and the design of the abrasive tool: monograph]. Kyiv, KNUBA Publ., 176. (in Ukraine).
8. **Likov A.A., 1978.** Teploobmen [Heat exchange], Moscow, Eenergija Publ., 479. (in Russian).
9. **Abrashkevich Ju.D., Machishin G.M., Chovnjuk O.V., 2014.** Matematichna model' teplovyh procesiv pri roboti polimerno-abrazivnoi shhitki [Mathematical model of thermal processes in the work of a polymer-abrasive brush]. Girnichi, budivel'ni, dorozhni ta meliorativni mashini [Mining, construction, road and reclamation machines], Nr. 83, 91-96. (in Ukraine).

REFERENCES

1. **Abrashkevich Ju.D., Smirnov V.M., Pelevin L.E., Rashkiv'skij V.P., 2006.** Mehanizacija trudomistkih procesiv [Mechanization of labor-intensive processes]. Kyiv, KNUBA Publ., 180. (in Ukraine).
2. **Abrashkevich Ju.D., Machishin G.M., Tishkovec' V.P., 2015.** Vpliv armuvannja na bezpeku ekspluatacii abrazivnih krugiv [Effect of reinforcement on the safety of the operation of abrasive wheels]. Girnichi, budivel'ni, dorozhni ta meliorativni mashini [Mining, construction, road and reclamation machines], Nr. 85. 54-59. (in Ukraine).
3. **Abrashkevich Ju.D., Pelevin L.E., Machishin G.N., 2016.** Jekspluatacija abrazivnyh armirovannyh krugov [Operation of abrasive reinforced wheels]. Montazhnye i special'nye raboty v stroitel'stve. Ezhemesjachnyj nauchno-tehnicheskij i proizvodstvennyj zhurnal [Assembly and special works in construction. Monthly scientific, technical and production magazine], Nr. 4, 30-32. (in Russian).

**Study of thermal processes in abrasive
armove cruises at the cutting
of metal processes**

*Yuri Abrashkevych, Grigory Machishin, Elena
Chovnyuk*

Abstract. The annual consumption of abrasive reinforced circles is estimated at hundreds of millions of pieces. Circles are a complex composition consisting of abrasive grains fixed in a polymer matrix. In the course of analytical researches it was established that wear resistance of circles is mainly determined by the thermophysical parameters of the bakelite bond. Therefore, the definition of a correlation between wear resistance of abrasive reinforced circle and thermophysical parameters of a polymer matrix will increase its wear resistance and performance. Determining the temperature that occurs during the cutting or cleaning process is a complex task. Its solution will allow to change thermophysical parameters of the constituent circles. As a consequence, it will be possible to manage the processes of heat and abrasive wear resistance s cutting and stripping wheels rei s fiberglass. The research was carried out experimentally with the registration of specific heat capacity and

thermal conductivity, depending on the matrix circle. Determined fiberglass reinforcing effect on thermal performance, found that the velocity with itka not significantly affect the thermal conductivity of the circle. It has been established that there is a correlation between the wear resistance of the abrasive reinforced circle and the coefficient of temperature. With an increase in the coefficient of thermal conductivity by 50%, the grinding factor increases by 20%. One of the important directions of increasing the wear resistance of abrasive reinforced circles is the introduction of modifiers in their structure, which will allow to increase the thermal conductivity and simultaneously reduce the heat capacity of the tool.

This can be achieved by introducing impurities in both the binder and the reinforcing glass of the circle, as well as by the metallization of abrasive grains and the use of new binders with elevated thermophysical properties.

Key words: abrasive reinforced circle, reinforcing glass fiber, thermal conductivity, wear resistance