

ПОКРАЩЕННЯ ОБРОБЛЮВАНOSTІ ВИСОКОМІЦНОГО ЧАВУНУ ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СЕРЕДОВИЩ

Лалазарова Н.О.¹, Дощечкіна І.В.¹, Орлов М.С.¹, Афанасьєва О.В.²

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет

²Харківський національний університет радіоелектроніки

Анотація. Встановлено, що ефективним методом покращення оброблюваності високоміцного чавуну з кулястим графітом є застосування технологічних середовищ. Висока ефективність полімервмісної змащувально-охолоджувальної рідини пояснюється зниженням коефіцієнта тертя, сили та температури різання, полегшенням процесу деформації та руйнування.

Ключові слова: високоміцний чавун із кулястим графітом, оброблюваність, полімервмісна змащувально-охолоджувальна рідина.

Вступ

На сьогодні як конструкційний матеріал широко використовується високоміцний чавун із кулястим графітом (ВЧКГ), який поєднує технологічність сірого чавуну з комплексом властивостей литої та кованої сталі [1]. Аналіз світового ринку лиття свідчить, що за кількістю (24,6 %) відливки з ВЧКГ займають проміжне місце між сірим чавуном (44,9 %) та алюмінієвими сплавами (15,4 %) [1].

Очікуване значне зростання світового виробництва транспортних засобів та продукції машинобудування разом з тенденцією до прогресуючої урбанізації, яка стимулює житлове та інфраструктурне будівництво, буде збільшувати попит на литі вироби та їхню номенклатуру.

З ВЧКГ виготовляють відповідні деталі автомобілів, тракторів, комбайнів, його використовують у нафтодобувній промисловості, виготовляють деталі папероробних машин, верстатів, арматуру та ін. [1]. У зв'язку з цим машинобудування відчуває потребу в застосуванні чавунів, що мають межу міцності понад 600–700 МПа і твердість 250–300 HBW. Процес упровадження ВЧКГ із високим рівнем експлуатаційних властивостей стримується недостатнім рівнем його оброблюваності різанням лезовими інструментами [2].

Оброблюваність – це комплексне поняття, яке визначається станом оброблюваного матеріалу, різального інструмента і характером їхньої взаємодії. Покращувати оброблюваність можна, змінюючи властивості оброблюваного матеріалу (легування, термічна обробка), властивості різального інструмента або впливати на зону, де відбувається вза-

ємодія інструмента та оброблюваного матеріалу (наявність технологічних середовищ – змащувально-охолоджувальної рідини (ЗОР) тощо). Використання в процесі механообробки сучасних ЗОР є ефективним методом впливу на оброблюваність чавунів.

Аналіз публікацій

Високоміцні чавуни з кулястим графітом відрізняються значною міцністю і твердістю, неоднорідністю структури, що призводить до погіршення оброблюваності. Економічним та ефективним методом покращення оброблюваності є застосування ЗОР, що має такі функції: змащувальну, диспергувальну, охолоджувальну і мийну [3]. За рахунок раціонального вибору ЗОР забезпечується підвищення продуктивності обробки; збільшення стійкості різального інструмента; покращення якості поверхневого шару за рахунок зниження шорсткості, формування залишкових напружень стиску; підвищення точності обробки внаслідок зниження інтенсивності зносу інструмента, зменшення температурних деформацій заготовки, інструмента, елементів обладнання; евакуація стружки із зони різання, що особливо важливо під час обробки глибоких отворів; покращення санітарно-гігієнічних умов праці й екології навколишнього середовища; скорочення собівартості виробництва за рахунок збільшення продуктивності та зниження витрат на різальний інструмент.

Змащувально-охолоджувальна рідина з метою інтенсифікації механічної обробки деталей із ВЧКГ поки широко не застосовується. Для свердління чавуну рекомендовано використання ЗОР Укрінол-1, для нарізання різьби – ОСМ-3, для точіння – емульсії.

Однак дослідженнями не охоплена значна група багатфункціональних рідин, які вміщують полімери. Ще одним напрямом покращення оброблюваності є використання більш теплостійких інструментальних матеріалів, зокрема із швидкорізальної сталі, інструментів для обробки отворів.

Мета і постановка завдання

Метою роботи є дослідження ефективності полімервмісної змащувально-охолоджувальної рідини для обробки ВЧКГ. Для досягнення мети були поставлені такі завдання: 1) дослідження впливу технологічного середовища на зношення свердел; 2) дослідження впливу технологічного середовища на коефіцієнт тертя.

Дослідження впливу технологічного середовища на оброблюваність високоміцного чавуну з кулястим графітом

Для проведення досліджень використовували високоміцний чавун хімічного складу: 3,3–3,8 % С; 2,4–3,2 % Si; C+1/3 Si = 4,25–4,35 %; 0,004–0,007 % S; 0,5–0,9% Mn; 0,045–0,008 % P; 0,05–0,1 % Cr; 0,1–0,15 % Ni; 0,04–0,09 % Mg.

Зразки чавуну після нормалізації мали структуру: 80 % перліт + 20 % ферит + кулястий графіт. Механічні властивості чавуну: 287–311 НВW, $\delta=3\%$, $a_n \geq 20$ Дж/см².

Використовували змащувально-охолоджувальну рідину на основі водного розчину полівінілпіролідону (ПВП) і емульсію марки ЕТ-2 (Е) [4].

Дослідження впливу полімервмісної ЗОР проводили на операції свердління на вертикально-свердильному верстаті 2A135 циліндричними свердлами діаметром 7 мм із швидкорізальної сталі марок Р6М5 і Р6М5К5. За критерій загушення свердел (геометричні параметри – $2\varphi=120^\circ$, $\omega = 30^\circ$, $\psi = 55^\circ$) приймали зношення по задній поверхні 0,4 мм після свердління отворів певної довжини та інтенсивність зношення. Режими різання під час свердління: $V=0,13$ м/с, $S=0,11$ мм/об. Величину зношення на задній поверхні вимірювали на інструментальному мікроскопі. Рідину в процесі проведення досліджень подавали вільним поливом зверху.

Коефіцієнт тертя ковзання пари інструмент – оброблюваний матеріал визначали методом фізичного моделювання на спеціальній установці (рис. 1).

Сила притискання вибиралася з умов підтримки на тертьовій контактній поверхні

такого тиску, який існує на лезі інструмента в процесі різання. Коефіцієнт тертя визначали зі співвідношення:

$$\mu = F_{mp}/N = P_z/P_y,$$

де F_{mp} – сила тертя, $F_{mp} = P_z$, Н, N – сила нормального тиску, $N = P_y$.

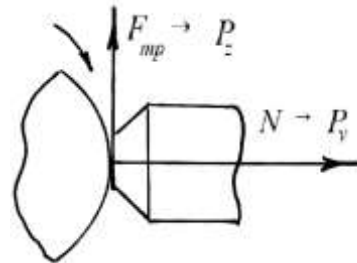


Рис. 1. Схема визначення коефіцієнта тертя

Складові сили різання вимірювали за допомогою універсального динамометра.

Проводили порівняльні випробування стандартної емульсії ЕТ-2 і полімервмісної ЗОР.

ЗОР із вмістом полімерів не вміщує масла і є екологічно безпечною рідиною. Крім того, полімервмісні ЗОР відрізняються меншою собівартістю, і, як наслідок, є в більш низькій цінній категорії порівняно з масловмісними аналогами.

Процес механічної обробки ВЧКГ супроводжується значним тепловиділенням і силами різання. Полімери, що входять до складу ЗОР, адсорбуючись на металі під дією високої температури і механічних напружень, піддаються механодеструкції і термодеструкції, до того ж утворюються високоактивні осколки макромолекул, які мають високу хімічну активність і здатні хімічно взаємодіяти з оброблюваним металом, знижуючи рівень вільної поверхневої енергії, полегшуючи процеси його деформації та руйнування [4, 5, 6]. Тобто для полімервмісної ЗОР важливою є диспергувальна функція, що пов'язана з проявом ефекту Ребіндера.

Операція свердління є однією з найбільш показових для оцінювання ефективності дії ЗОР: для неї характерні несприятливі геометричні параметри різального клина, значні питомі тиски на різальному і поперечному лезі, утруднений відвід стружки із зони різання. З іншого боку, свердління характеризується дуже сприятливою для прояву ефекту Ребіндера сукупністю умов: високими локальними напруженнями у поєднанні зі складним напруженим станом, значними швидкос-

тями деформації, багатократно впливу, надійним змочуванням активним середовищем ювенільних поверхонь.

У процесі обробки ВЧКГ свердло найчастіше знощується на задній поверхні й біля перемички.

Ефективність використання полімервмісної ЗОР під час свердління ВЧКГ свердлами із швидкорізальної сталі підтверджується результатами експериментальних досліджень.

Дані, наведені в табл. 1 і на рис. 2, кількісно характеризують ефективність дії різних ЗОР. Так в обробці отворів свердлами із сталі Р6М5 і Р6М5К5 спостерігається зниження інтенсивності зношення інструмента порівняно із свердлінням у середовищі промислової емульсії в аналогічних умовах в 1,7 і 8,8 раза відповідно.

Таблиця 1 – Ефективність дії ЗОР

Матеріал свердел	Вид ЗОР	Інтенсивність зношення на задній поверхні, мкм/м
Р6М5	Емульсія	143
Р6М5	ПВП	84
Р6М5К5	Емульсія	110
Р6М5К5	ПВП	12,5

Висока ефективність полімервмісної ЗОР під час свердління пояснюється зниженням коефіцієнта тертя (табл. 2).

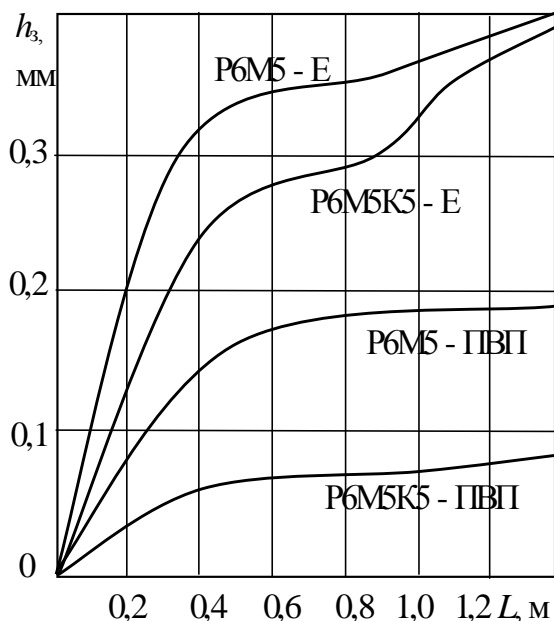


Рис. 3. Залежність зношення свердел на задній поверхні h_3 від шляху різання L за умови свердління ВЧКГ у різних середовищах

Під час свердління, коли реалізуються невисокі швидкості різання і ЗОР проникає краще в зону обробки, найбільше реалізуються змащувальні властивості середовищ. Для оцінювання змащувальної дії ЗОР використовували коефіцієнт $K_{зм} = f_{зоп} / f_{без зоп}$ [5]. Ефективність змащувальної дії ЗОР тим більша, чим менша величина $K_{зм}$.

Полімервмісна ЗОР має більш високу змащувальну дію, ніж емульсія, що підтверджується низькими значеннями коефіцієнта $K_{зм}$ (табл. 2).

Таблиця 2 – Вплив ЗОР на коефіцієнт тертя

Матеріал свердел	Наявність і вид ЗОР	Середній коефіцієнт тертя	$K_{зм}$
Р6М5	без ЗОР	0,4	
	емульсія	0,17	0,42
	ПВП	0,11	0,275
Р6М5К5	без ЗОР	0,37	
	емульсія	0,15	0,41
	ПВП	0,1	0,27

Зниження коефіцієнта тертя сприяє зниженню сили різання, зменшенню температури різання та інтенсивності зношення інструмента [4].

У літературі наведені приклади, що полімервмісне середовище не тільки полегшує процес різання, але й сприяє дифузійному насиченню поверхневих шарів різального інструмента вуглецем, що є одним із чинників, який визначає високу зносостійкість інструмента [5]. Також на процес дифузійного зміцнення інструмента, згідно з останніми літературними джерелами, зокрема [5], впливають продукти деструкції полімерного середовища.

Отже, отримані результати дозволяють зробити висновок, що використання полімервмісної ЗОР забезпечує більш суттєве покращення оброблюваності в процесі роботи різального інструмента в складних умовах порівняно з іншими видами ЗОР. Більша ефективність використання полімервмісної ЗОР спостерігається під час обробки свердлами із сталі підвищеної продуктивності, що містить кобальт – Р6М5К5.

Висновки

1. Високоміцні чавуни відрізняються значною міцністю і твердістю, неоднорідністю структури, що призводить до зниження оброблюваності.

2. Введення в зону різання полімервмісної ЗОР призводить до значного зменшення кое-

фіцієнта тертя, що сприяє зниженню сили й температури різання та зменшенню інтенсивності зношення інструмента.

3. Більша ефективність процесу механічної обробки з використанням полімервмісної ЗОР спостерігається в процесі свердління інструментом зі сталі Р6М5К5.

Література

1. Беляков А. И., Беляков А. А., Жуков А. А. Применение чугуна с шаровидным графитом. Заготовительные производства в машиностроении. 2008. № 11. С. 3–10.
2. Лалазарова Н.А. Оценка обрабатываемости высокопрочного чугуна. Вісник інженерної академії України. 2001. № 3. Ч. 1. С. 431–433.
3. Сошко А. И., Сошко В. А. Смазочно-охлаждающие технологические средства в механической обработке металлов: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. Херсон: Олди-плюс, 2008. 390 с.
4. Устрехова О. А. Активизация процессов механической обработки металлов в результате действия полимерсодержащих сред дис... канд. техн. наук: 05.03.01. Львов, 1981. 127 с.
5. Шаповал Й. М., Кочубей В. В., Суберляк О. В. Термічна стійкість та технологічні властивості полімервмісних мастильно-охолоджувальних рідин. Вісник НУ «Львівська політехніка». 2013. № 761. С. 58–64.
6. Кисель А. Г. Повышение эффективности токарной обработки нежестких заготовок: дис... канд. техн. наук: 05.02.07. Омск, 2018. 175 с.

References

1. Belyakov A. I. (2008) Primenenie chuguna s sharovidnym grafitom [Application of nodular cast iron] *Zagotovitel'nye proizvodstva v mashinostroenii* [Blank production in machine building], (no. 11), 3–10 [In Russian].
2. Lalazarova N. A. (2001) Ocenka obrabatyvaemosti vysokoprochnogo chuguna [Evaluation of the machinability of high-strength cast irons], *Visnyk inzhenernoi akademii Ukrainy* [Bulletin of the Engineering Academy of Ukraine], no. 3, p. 1, 431–433.
3. Soshko A. I., Soshko V. A. Smazochno-okhlazhdayushchie tekhnologicheskie sredstva v mekhanicheskoy obrabotke metallov [Lubricating and cooling technological aids in the machining of metals]. Herson, Oldi-plyus, 2008, 390 p. [In Russian].
4. Ustrekhova O. A. *Aktivizaciya processov mekhanicheskoy obrabotki metallov v rezul'tate dejstviya polimersoderzhashchikh sred. Dis. kand. khim. nauk* [Activation of the processes of mechanical processing of metals as a result of the action of polymer-containing media]. L'vov, 1981, 127 p. [In Russian].
5. Shapoval Y. M., Kochubei V. V., Suberliak O. V. (2013) Termichna stiiikist ta tekhnolohichni vlas-

tyvosti polimervmisnykh mastylno-okholodzhivalnykh ridyn [Thermal efficiency and technological power of polymers of mastic and cooling juveniles]. *Visnyk NU "Lvivska politekhnika"* [Newsletter of NU "Lvivska politechnika"], (no. 761), 58–64. [In Russian].

6. Kysel A. H. Kisel A. G. *Povyshenie effektivnosti tokamoj obrabotki nezhyostkih zagotovok. Dys. kand. tekhn. Nauk* [Improving the efficiency of turning non-rigid workpieces]. Omsk, 2018, 175 p. [In Russian].

Лалазарова Наталія Олексіївна, к.т.н., доцент кафедри технології металів та матеріалознавства, тел. (057) 707-37-92, e-mail: lalaz1932@gmail.com,
Дошечкіна Ірина Василівна, к.т.н., доцент кафедри технології металів та матеріалознавства, тел. (057) 707-37-92, e-mail: divkhadi@ukr.net,
Орлов Максим Сергійович, студент гр. МС-61-19, тел. (+38) 095-109-91-08, e-mail: max.orlov.serg@gmail.com,
 Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 25, вул. Ярослава Мудрого, м. Харків, 61002, Україна,
Афанасьєва Ольга Валентинівна, к.т.н., доцент кафедри фізичних основ електронної техніки, тел. (+38) 096-525-62-35, e-mail: 7584839@ukr.net,
 Харківський національний університет радіоелектроніки, 14, пр. Науки, м. Харків, 61166, Україна.

Improving the workability of high-strength cast iron by using technological media

Abstract. Problem. The process of supplying the high-strength cast irons (HSCI) due to the high level of exploitation characteristics is being streamered by the lack of sufficient level of damage to the use of wood instruments. The high-quality cast iron with the cool graphite lead to a significant performance and solidity and a heterogeneous structure, so that it can produce significant strength in development, increased thermal imaging in the process of mechanics. An effective method for reducing the machinability is a cutting fluid (CF). **Goal** is to study the effectiveness of polymer-containing cutting fluid. **Method.** The amount of wear on the rear surface was measured by an instrumental microscope MII-2. The coefficient of sliding friction of the tool-processed material pair was determined by the method of physical modeling on a special installation. **Results.** When machining the holes with drills made of steel R6M5 and R6M5K5, a decrease by 1.7 and 8.8 times respectively in the intensity of tool wear is observed in comparison with drilling in an industrial emulsion medium under similar conditions. The high efficiency of polymer-containing cutting fluids during drilling is explained by a significant decrease in the friction coefficient, which helps to reduce the cutting force, temperature and the intensity of tool wear. Polymer-containing cutting fluid has a higher lubricating effect than emulsion. The presence of polymers facilitates the processes of deformation and destruction of

cast iron, which is associated with the manifestation of the rebinding effect. **Scientific novelty.** The high level of mechanical stresses and the increased temperature at processing of HSCI by drilling create favorable conditions for mechanical destruction and thermal destruction of polymers that together with high lubricating action provides high efficiency of polymer-containing cutting fluid. **Practical significance.** Polymer-containing cutting fluid does not contain oil and is an environmentally friendly liquid, it also has a lower cost. The high efficiency of the polymer-containing medium during drilling is confirmed.

Key words: high-strength cast irons, machinability, polymer-containing cutting fluid.

Lalazarova Nataliia, PhD, Associate Professor, Department of Technology of Metals and Materials Science, tel. (057) 707-37-92, e-mail: lalaz1932@gmail.com,

Doschekhina Irina, PhD, Associate Professor, Department of Technology of Metals and Materials Science, tel. (057) 707-37-92, e-mail: divkhadi@ukr.net,

Orlov Maksim, student of group MC-61-19, tel. (+38) 095-109-91-08,

e-mail: max.orlov.serg@gmail.com, Kharkiv National Automobile and Highway University, 25, Yaroslava Mudrogo str., Kharkiv, 61002, Ukraine.

Afanasyeva Olga, PhD, Associate Professor, Physical Foundations of Electronic Engineering Department, tel. (+38) 096-525-62-35, e-mail: 7584839@ukr.net, 14, Science Avenue, Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, 61166, Ukraine.

Улучшения обрабатываемости высокопрочного чугуна использованием технологических сред

Аннотация. Установлено, что эффективным методом улучшения обрабатываемости высокопрочного чугуна с шаровидным графитом является применение технологических сред. Высокая эффективность полимерсодержащих смазочно-охлаждающих жидкостей объясняется снижением коэффициента трения, силы и температуры резания, облегчением процесса деформации и разрушения.

Ключевые слова: высокопрочный чугун с шаровидным графитом, обрабатываемость, полимерсодержащая смазочно-охлаждающая жидкость.

Лалазарова Наталия Алексеевна, к. т. н., доцент кафедры технологии металлов и материаловедения, тел. (057) 707-37-92, e-mail: lalaz1932@gmail.com,

Дошечкина Ирина Васильевна, к. т. н., доцент кафедры технологии металлов и материаловедения, тел. (057) 707-37-92, divkhadi@ukr.net,

Орлов Максим Сергеевич, студент гр. MC-61-19, тел. (+38) 095-109-91-08,

e-mail: max.orlov.serg@gmail.com, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, 25, ул. Ярослава Мудрого, г. Харьков, 61002, Украина.

Афанасьева Ольга Валентиновна, к. т. н., доцент кафедры основ электронной техники, тел. (+38) 096-525-62-35, e-mail: 7584839@ukr.net, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, 14, пр. Науки, м. Харьков, 61166, Украина.