

УДК 620.178.4

Ганкевич В.Ф., канд.техн.наук, доцент,
Пащенко А.А., канд.техн.наук, доцент,
Курнат Н.Л., магистр,
Киба В.Я., магистр
 (ГВУЗ «НГУ»)

О ВЛИЯНИИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА НАДЕЖНОСТЬ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ГОРНЫХ МАШИН

Ганкевич В.Ф., канд.техн.наук, доцент,
Пащенко О.А., канд.техн.наук, доцент,
Курнат Н.Л., магистр,
Киба В.Я., магистр
 (ДВНЗ «НГУ»)

ПРО ВПЛИВ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА НАДІЙНІСТЬ РІЗУЧОГО ІНСТРУМЕНТУ ГІРНИЧИХ МАШИН

Gankevich V.F, Ph.D. (Tech.), Associate Professor,
Pashchenko O.A., Ph.D. (Tech.), Associate Professor,
Kurnat N.L., M.S (Tech.),
Kiba V.Ya., M.S (Tech.)
 (SHEI "NMU")

ABOUT INFLUENCE OF LASER RADIATION ON THE RELIABILITY OF CUTTING TOOL IN THE MINING MACHINES

Аннотация. В работе рассмотрено влияние лазерной обработки на изменение параметров твердых сплавов, которые используются при изготовлении деталей горных машин. Показано влияние лазерного излучения на поверхность пористых спеченных сплавов. Наблюдались изменения пористости и микротрещин у режущего инструмента полученного методом спекания. Исследуемые спеченные образцы после лазерного облучения показали улучшенные характеристики такие как износостойкость и увеличение микротвердости. Применение лазерного излучения приводит к улучшению показателей деталей, изготовленных из спеченных порошков. Образование микротрещин также не ухудшает качества рабочей поверхности т.к. происходит более равномерный ее износ.

Ключевые слова: твердые сплавы, структура, пористость, износостойкость, микротрещины, лазерное излучение, обработка поверхности.

Поверхностная обработка материалов с целью упрочнения или разрушения и изменения физических и химических параметров хорошо изучена применительно к сталям и сплавам разных марок [1, 2, 3]. Воздействия производятся лазерными термическими методами [4], импульсным магнитным полем [5], лазерной и лазерной ударно-волновой обработкой [6] и др. Значительно меньше изучен этот процесс в применении к изделиям из твердых сплавов, полученных методами порошковой металлургии.

Эти методы позволяют получить материалы (сплавы), состоящие из компонентов, значительно различающихся по физическим свойствам.

Целью настоящей работы является изучение воздействия лазерного излучения на поверхность изделий из твердых сплавов.

Структура спеченных твердых сплавов неоднородна. В нее входят тугоплавкие частицы и цементирующая более легкоплавкая связка. Наиболее прочным из известных спеченных твердых сплавов является раствор монокарбида вольфрама (WC) в кобальте (Co). Такие твердые сплавы изготавливаются спеканием смеси порошков монокарбида вольфрама WC и кобальта Co при температурах 1600-1780 К в зависимости от состава [7].

Как отмечается в [7], увеличение содержания WC способствует существенному росту прочности, пластичности и вязкости по сравнению с чистым кобальтом. Поэтому реальным способом повышения твердости является попытка повысить растворимость WC в кобальте. Это в свою очередь связано с изменением кристаллической решетки сплава.

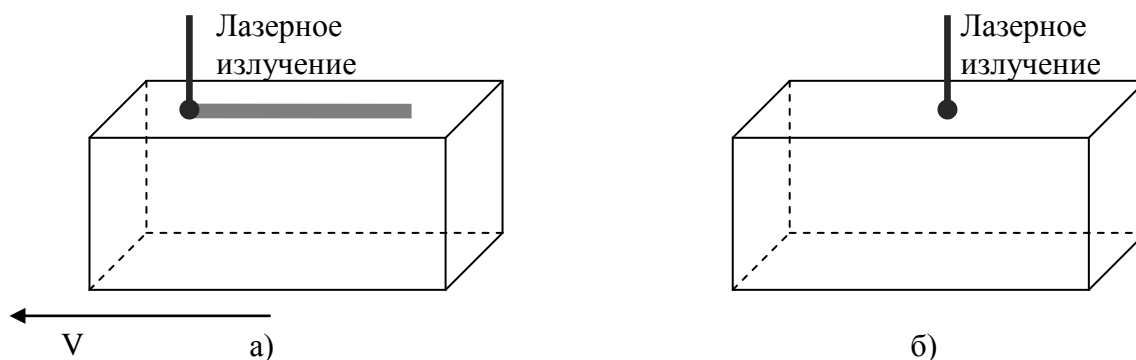
Кроме того, для методов порошковой металлургии характерна незавершенность – каждая частица порошка имеет участки поверхности, где произошло образование химических связей с соседними частицам, а также участки поверхности, находящиеся в соприкосновении с газовой фазой (воздухом), т.е. любое изделие из спеченного порошка является пористым. Разрушение же начинается, как правило, именно с пор. Поэтому наряду с увеличением растворимости WC в кобальте уменьшение пористости также будет способствовать увеличению твердости.

Оба эти механизма реализуются при воздействии на спеченные материалы лазерным излучением большой мощности. Известны работы по упрочнению твердых сплавов излучением импульсного лазера [4, 6]. К недостаткам этой методики следует отнести возможность образования так называемых перекрытых зон с тройным воздействием лазерного луча, которые могут быть зонами зарождения микротрещин. Поэтому в наших экспериментах использовалось излучение непрерывного CO₂ – лазера, позволяющее осуществлять последовательное распространение зоны термического воздействия.

Лазерное излучение, полученное от CO₂-лазера «Кардамон» с плотностью мощности излучения 10^4 - 10^5 Вт/см², было направлено на образцы спеченных твердых сплавов типа ВК6-ВК8. Излучение CO₂-лазера ($\lambda=10,6$ мкм) фокусировалось на поверхность образца. Диаметр сфокусированного пятна изменялся от 0,2 до 1 мм.

Для увеличения коэффициента поглощения и уменьшения теплотерь поверхность образцов покрывалась гуашью на основе Fe₂O₃ с помощью пульверизатора. Для выбора оптимальных параметров обработки изменялись скорости сканирования луча по поверхности образца от 0,5 до 3 мм/с и расстояние до режущей кромки от 1 до 3 мм. Изменение скорости движения лазерного луча по поверхности меняет глубину прогрева образца. Большой

интерес представляют образцы, обработанные в стационарном режиме облучения. В этом случае изменялось лишь время воздействия лазера на одну точку поверхности (рис.1).



а) обработка в сканирующем (движущемся) режиме V-скорость сканирования;
б) обработка в стационарном режиме.

Рисунок 1 – Схема воздействия лазера

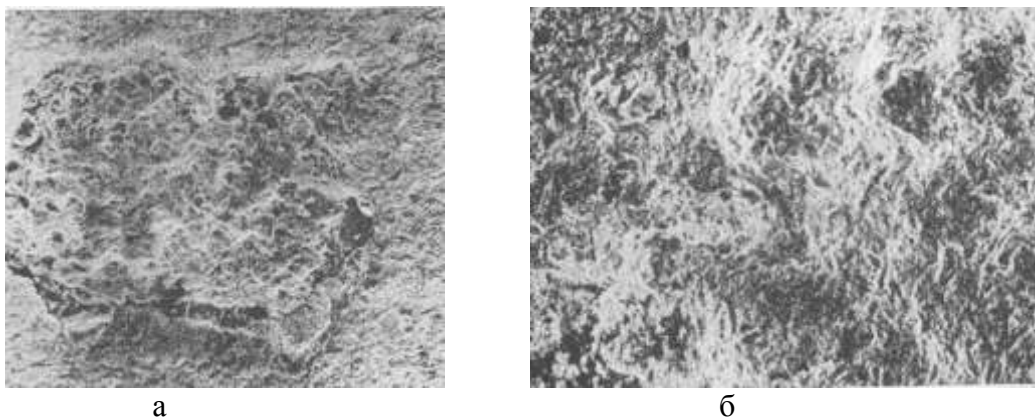
Как отмечается в [8, 9], для того чтобы знать процесс переноса тепла в пористых средах, используются определенные физические модели пористого тела. В нашем случае очень хорошо работает капиллярная (моделирующая структуру пор) модель. Она представляет собой систему параллельных цилиндрических капилляров одинакового радиуса (простейшая модель) или разных радиусов, соединенных между собой, или даже пересекающихся друг с другом. Так как металлы очень хорошо отражают инфракрасное (ИК) излучение, которое генерирует CO_2 -лазер, то поры представляют собой подобие волноводов. Тепло в виде ИК-излучения быстро распространяется по объему образца. Следовательно, воздействие должно быть кратковременным, чтобы не перегреть твердосплавные пластины и не ухудшить их параметры.

Воздействие лазерного излучения на поверхность пористых спеченных образцов на воздухе в стационарном режиме приводит к образованию кратера, на формирование которого оказывают влияние поверхностное испарение, плавление и удаление материала под действием градиента давления.

Исследования проводились на электронном микроскопе РЭМ-200 и методами рентгеноструктурного анализа на установке ДРОН-2 с использованием излучений Cu и Fe. В процессе проведенных исследований на образцах было установлено, что на геометрические размеры кратера оказывает влияние целый ряд факторов.

Во-первых, наиболее существенным из них является пористость материала. Изменение пористости приводит к изменению многих физических параметров: коэффициента теплопроводности, что вызывает изменение энергозатрат, коэффициента отражения и глубины обработанной поверхности. Изменяются и механические свойства материалов, меняя твердость твердых сплавов. Существенное увеличение пористости связано с отклонениями от технологии при производстве спеченных материалов.

Во-вторых, при лазерной обработке твердых сплавов появляются микротрещины. По-видимому, их появление связано с тем, что коэффициенты термического расширения кобальта и карбида вольфрама различны [6] не только по величине, но и по знаку. При лазерном воздействии изменяется величина зерен WC, и быстрое охлаждение приводит к изменению начальных термических напряжений. Микротрещины приводят к отслаиванию участков поверхности или дают сетку на поверхности. Подобные микротрещины и отслаивания хорошо просматриваются на фотографиях структуры поверхности (рис.2 а, б).

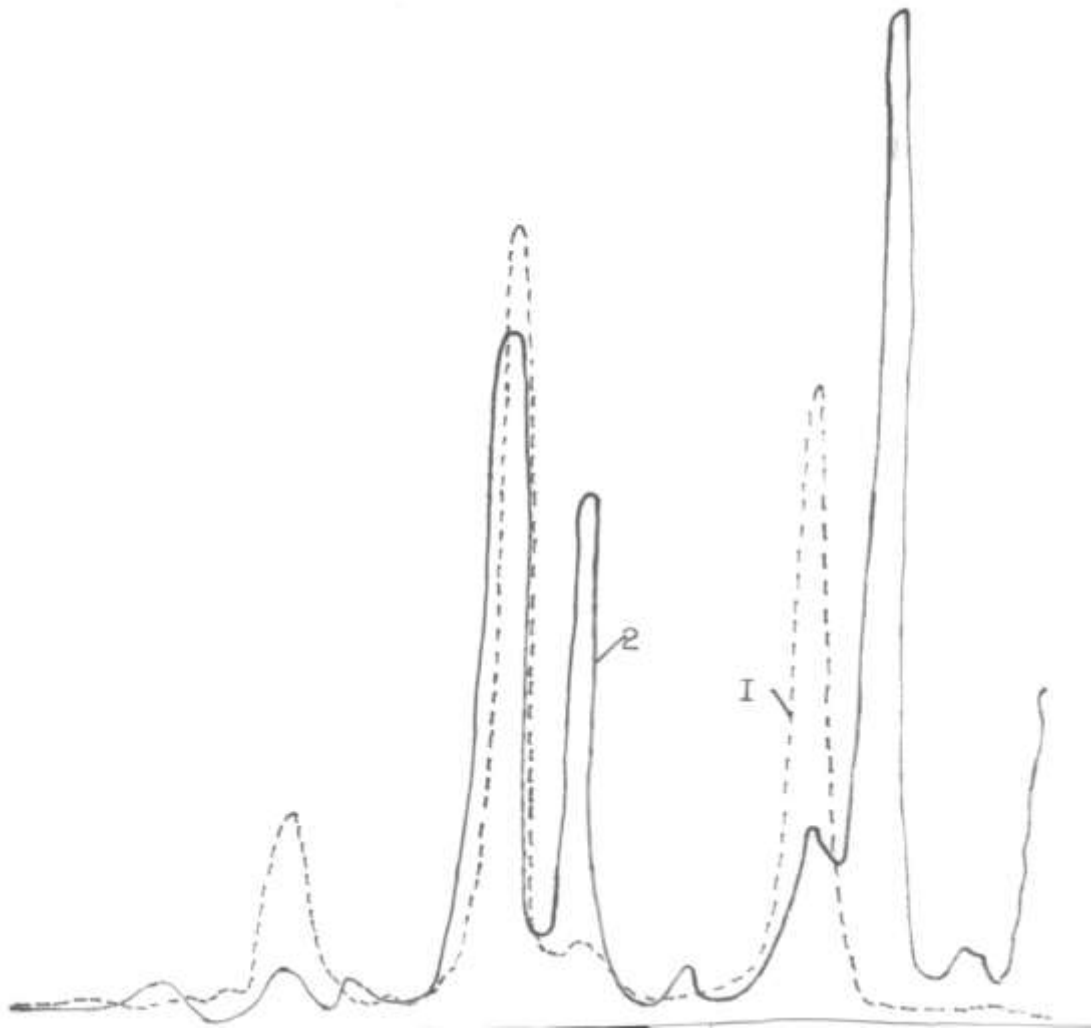


а – Общий вид кратера, полученного лазерным облучением в стационарном режиме
б – Структура поверхности твердого сплава, подвергнутого лазерному облучению

Рисунок 2 – Фотографии структуры поверхности

Уменьшить образование микротрещин можно путем изменения поглощенной энергии, т.е. варьированием фокусировки лазерного луча или скорости сканирования лазерного луча по поверхности. Третьим результатом лазерного воздействия является образование высоких карбидов вольфрама. Как правило, при недостатке углерода образуется η -фаза, имеющая название двойного карбида вольфрама и кобальта W_3Co_3C . Эта η -фаза снижает пластические свойства твердых сплавов. Разновидностью η -фазы высоких карбидов является θ -фаза, описываемая формулой Co_2W_4C . Рентгеноструктурный анализ поверхности образцов показал, что происходит образование θ -фазы. На рис.3 представлен участок рентгенограммы, где отмечены углы отражения, свидетельствующие о наличии θ -фазы.

Кроме θ -фазы в обработанных образцах присутствует Co_6W_6C , который найден и в исходных необработанных образцах, поэтому говорить о образовании θ -фазы лишь в результате лазерного воздействия не совсем верно. Очевидно, что присутствие Co_6W_6C – результат технологических процессов производства спеченных порошков. Как отмечалось в [8], высокие карбиды нестойки и при нагреве разрушаются с последующим образованием при охлаждении других высоких карбидов вольфрама. Уменьшить образование высоких карбидов при лазерной обработке возможно варьируя параметры излучения.



1 - образец в исходном необработанном состоянии;
2 - образец обработанный лазером в стационарном режиме.

Рисунок 3 – Сравнительный участок рентгенограммы образцов

Таким образом, применение лазерного излучения приводит к улучшению показателей деталей, изготовленных из спеченных порошков. Образование микротрещин также не ухудшает качества рабочей поверхности т.к. происходит более равномерный ее износ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коваленко, В.С. Лазерная технология: Учебник. – К.: Выща школа. Головное изд-во, 1989. – 280 с.
2. Yakunin, Y.A. Effect of laser reflow on the structure and properties of aluminum alloys with transition metals / Y.A.Yakunin, Y.A.N.L.Kurnat, T.V.Morozova // The scientific heritage. – 2017. - № 1(10(10)), с. 84-92.
3. Головка, Л.Ф.. Лазерні технології та комп'ютерне моделювання [наукове видання]. / під ред. Л.Ф.Головка та С.О.Лук'яненка. – К.:Вістка, 2009. – 295 с.
4. Григорянц, А.Г. Основы лазерной обработки материалов. – М.: Машиностроение, 1989. – 304 с.
5. Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку: матеріали XIV Міжнар.наук.-техн.конф./ заг.ред.: В.Д.Ковальов; Донбас.держ.машинобуд.акад. - Краматорск, 2016 – 102 с.

6. Мочарський, В.С. Лазерна ударно-хвильова обробка поверхонь виробів із конструкційних матеріалів: автореферат дис... канд. техн. наук / В.С. Мочарський. – Київ, 2015.

7. Сизоненко, О.Н. Перспективные процессы изготовления порошковых материалов: учебник для студентов вузов направления подгот. «Инженерное материаловедение» / О.Н.Сизоненко, А.И.Ивлиев, Г.А.Баглюк / Нац. ун-т кораблестроения им. адмирала Макарова. – Николаев: НУК, 2014 – 374 с.

8. Нагрев излучением модельного пористого тела / В.В.Леванский, В.Г.Лейдина, О.Г.Мартыненко, Н.В.Павлюкевич // В кн.: Воздействие концентрированных потоков энергии на материалы. - М.:Наука, 1985 – С.99-107.

9. Industrial application of lasers. Edited by Hans Koebner. Consultant for Industrial Laser Applications, Munich, West Germany, 1988.

REFERENCES

1. Kovalenko, V.S. (1989), *Lazernaya tekhnologiya: uchebnik* [Laser Technology: textbook], High school. Head Publishing House, Kiev, SU.

2. Yakunin, Y.A., Kurnat, N.L. and Morozova, T.V. (2017), «Effect of laser reflow on the structure and properties of aluminum alloys with transition metals», *The scientific heritage*, no. 1 (10 (10)), pp. 84-92.

3. L.F.Golovko, L.F. and Lukyanenko, S.O. (2009), *Lazerni tekhnologiy ta kompyuterne modelyuvannya [naukovevydannya]* [Laser technology and computer modeling [scientific publication]], Vistka, Kyiv, UA.

4. Grigoryants, A.G. (1989), *Osnovy lazernoy obrabotki materialov* [Fundamentals of laser processing of materials], Mechanical Engineering, Moscow, SU.

5. Kovalyov, V.D. (2016), «Heavy engineering. Problems and prospects of development», *Materialy XIV Mizhnarodnoy naukovy-tekhnichnoy konferentsii* [Materials XIV International scientific-technical conference], Kramatorsk, UA, 102 p.

6. Mocharsky, V.S. (2015), «Laser impact-wave processing of surfaces of products from structural materials», . Abstract of Ph.D. dissertation, Kyiv, UA.

7. Sizonenko, O.N., Ivliev, A.I. and Baglyuk, G.A. (2014), *Perspektivnye protsessy izgotovleniya poroshkovykh materialov: uchebnik dlya studentov vuzov napravleniya podgotovki «Inzhenernoye materialovedeniye»* [Perspective processes of the production of powder materials: a textbook for university students in the field of preparation. "Engineering Materials Science"], National un-t shipbuilding named after Admiral Makarov, Mykolaiv, UA.

8. Levansky, V.V., Leidina, V.G., Martynenko, O.G. and Pavlyukevich, N.V. (1985), «Heating by radiation of a model porous body», *Vozdeystvie kontsentrirrovannykh potokov energii na materialy* [Effects of Concentrated Energy Flows on Materials], Science, Moscow, pp. 99-107.

9. Edited by Hans Koebner (1988), *Industrial application of lasers. Consultant for Industrial Laser Applications*, Munich, West Germany.

Об авторах

Ганкевич Валентин Феодосиевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры горных машин, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет» (ГВУЗ «НГУ»), Днепр, Украина,

Пащенко Александр Анатольевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры техники разведки месторождений полезных ископаемых, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет» (ГВУЗ «НГУ»), Днепр, Украина, Pashchenko.O.A@nmu.one

Курнат Наталия Леонидовна, магистр, старший преподаватель кафедры физики, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет» (ГВУЗ «НГУ»), Днепр, Украина

Киба Вячеслав Яковлевич, магистр, старший преподаватель кафедры строительной, теоретической и прикладной механики, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет» (ГВУЗ «НГУ»), Днепр, Украина

About the authors

Gankevich Valentin Feodosiyevich, Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Associate Professor in the Department of Mine Machines of the State Higher Educational Institution «National Mining University» (SHEI «NMU»), Dnepr, Ukraine,

Pashchenko Aleksandr Ananoliyevich, Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Associate Professor in the Department of Engineering Exploration of Mineral Deposits of the State Higher

Educational Institution «National Mining University» (SHEI «NMU»), Dnepr, Ukraine, Pashchenko. O.A @nmu.one

Kurnat Nataliya Leonidovna, Master of Science, Senior Lecturer in the Department of Physics of the State Higher Educational Institution «National Mining University» (SHEI «NMU»), Dnepr, Ukraine

Kiba Vyacheslav Yakovlevich, Master of Science, Senior Lecturer in the Department of Building, Theoretical and Applied Mechanics of the State Higher Educational Institution «National Mining University» (SHEI «NMU»), Dnepr, Ukraine.

Анотація. В роботі розглянуто вплив лазерної поверхневої обробки на зміцнення сталей різних марок які використовуються при виробництві деталей гірничих машин. Показано вплив лазерного випромінювання на поверхню пористих спечених сплавів. Спостерігались зміни пористості і мікротрещинування у ріжучому інструменті отриманому методом спікання. Спечені моделі що досліджувались після лазерного випромінювання показали підвищені характеристики такі як зносостійкість і збільшення мікротвердості. Використання лазерного випромінювання приводить до поліпшення показників деталей, виготовлених із спечених порошків. Утворення мікротріщин також не погіршує якості робочої поверхні оскільки відбувається більш рівномірний її знос.

Ключові слова: тверді сплави, структура, пористість, зносостійкість, мікротріщини, лазерне випромінювання, обробка поверхні.

Annotation. In the paper, influence of laser treatment on change of parameter of solid alloys used for manufacture of parts for mining machines is considered. Effect of laser radiation on the surface of porous sintered alloys is shown including changes of porosity and microcracks in the cutting-tools, which are manufactured by method of sintering. After laser irradiation, the investigated sintered samples featured improved characteristics such as wear resistance and increased microhardness. The applied laser radiation provides better characteristics of the tools made of the sintered powders. Formation of microcracks does not worsen quality of working surface due to its more even wear.

Keywords: solid alloys, structure, porosity, wear resistance, microcracks, laser radiation, surface treatment.

Стаття поступила в редакцію 18.11.2017

Рекомендовано к печати д-ром техн. наук Васильевым Л.М.