ТЕХНИКА ИЛИМДЕРИ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

TECHNICAL SCIENCES

DOI:10.26104/NNTIK.2022.74.88.001

Абдылдаев О.Т., Миңбаева Б.Д., Баязова А.А.

ИК-ЛАЗЕРДИК НУРЛАНУУНУН СИНТЕТИКАЛЫК АЛМАЗДАР МЕНЕН ӨЗ АРА АРАКЕТТЕНИШҮҮ ПРОЦЕССИН ИЗИЛДӨӨ

Абдылдаев О.Т., Минбаева Б.Д., Баязова А.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИК-ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С СИНТЕТИЧЕСКИМИ АЛМАЗАМИ

O. Abdyldaev, B. Minbaeva, A. Bayazova

STUDY OF THE PROCESS OF INTERACTION OF INFRARED-LASER RADIATION WITH SYNTHETIC DIAMONDS

УДК: 533.915.03:535.211

Лазердик нурлануунун данчалары 400/315 мкм болгон карбонад типтеги поликристаллдык алмаздардын катуулугуна тийгизген таасири изилденди. Карбонад тибиндеги поликристаллдык алмаз үлгүлөрүн нулантуу үчүн 1,06 мкм толкун узундукта генерациялоочу неодим катуу тело лазери кодонулду. Алынган билдирүүлөрдөн төмөнкүдөй анализ кылууга болот, нурлантуунун кайсы бир интенсивдүүлүк диапазонунда жана иштетүү убактысында катуулатуу эффектиси байкалат. Синтетикалык алмаздын кристаллдарынын катуулугу, нурдун аракет этүүдөгө мүнөздөмөлөрүнөн гана көз каранды болбостон, ошондой эле алмаздын баштапкы абалынан да көз каранды. Лазер нуру аракет кылганда кристаллдын бетиндеги микро жарыктарды жана жука түзүлүшүн оңдоо жүргүзүү ыктымалдуугу, алардын катуулугун жогорулатууга түрткү берет. Кээ бир учурларда карбонад синтезинин басымынын көтөрүлүшү, анын катуулугунун жогорулашы менен металлдык байланыштын санынын азайышына алып келет, ошондой эле жылуулукка туруктуу болот. Изилденген алмаздардын катуулук көрсөткүчүнүн жогорулашы кристаллиттердин түзүлүшүнүн жана дефектилеринин өзгөрүшү менен байланышкан.

Негизги сөздөр: *алмаздар, данчалар, изилдөө, лазерлик нурлануу, өз ара аракеттешүү, процесс, синтетикалык.*

В работе изучалось влияние лазерного излучения на прочность поликристаллических алмазов типа карбонадо зернистостью 400/315мкм. Для облучения образцов поликристаллических алмазов типа карбонадо источником излучения служил твердотельный неодимовый лазер генерировал излучение длиной волны 1,06 мкм. Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что обнаружен эффект упрочнения кристаллов синтетических алмазов в некотором диапазоне интенсивности лазерного облучения и времени обработки. Прочность кристаллов синтетических алмазов зависит не только от параметров лучистого воздействия, но и от их исходного состояния. При лазерном облучении вероятнее всего происходит исправление тонкой структуры, микротрещин на поверхности кристаллов, что и приводит к их упрочнению. В то же время сильный разогрев крупных включений, имеющихся в алмазах, под воздействием лазерного излучения приводит к разупрочнению кристаллов. Обнаружено увеличение показателя прочности исследованных алмазов, что связывается с изменением структуры и дефектности кристаллитов.

Ключевые слова: *алмазы, зерна, исследование, лазерное излучение, взаимодействие, процесс, синтетика.*

The effect of laser radiation on the strength of polycrystalline diamonds of the carbonado type with a grain size of 400/315 μm was studied in this work. To irradiate samples of polycrystalline diamonds of the carbonado type, a solid-state neodymium laser served as a radiation source, generating radiation with a wavelength of 1.06 μm. An analysis of the results obtained allows us to conclude that the effect of hardening of synthetic diamond crystals has been found in a certain range of laser irradiation intensity and processing time. The strength of synthetic diamond crystals depends not only on the parameters of radiant exposure, but also on their initial state. Under laser irradiation, most likely, the correction of the fine structure, microcracks on the surface of the crystals occurs, which leads to their hardening. At the same time, strong heating of large inclusions present in diamonds under the influence of laser radiation leads to softening of the crystals. An increase in the strength index of the studied diamonds was found, which is associated with a change in the structure and defectiveness of crystallites.

Key words: *diamonds, grains, research, laser radiation, interaction, process, synthetic.*

Илимий-техникалык жана технологиялык прогресстин заманбап азыркы учурдун шартында, синтетикалык алмаздарды кеңири масштабда пайдаланууcуз элестетүүгө болбойт. Ошондуктан синтетикалык алмаздын кристаллдарынын физикалык-механикалык касиеттерине сырткы аракеттердин таасирин изилдөө боюнча синтетикалык алмаздын белгиленген жана жакшыртылган мүнөздөмөлөрүн алуу багыты актуалдуу болуп эсептелет.

Белгилүү материалдардын ичинен кысууда эң катуулугу, жаракага туруктуулугу, жылуулук өткөргүчтүгү сыяктуу уникалдуу касиеттери менен жаратылыш жана синтетикалык алмаздар, бардык өнөр жай тармактарында жогорку майнаптуу материал катары колдонулуп келүүдө.

Бул багытта поликристаллдык алмаздарды синтездөө эсебинде көптөгөн жетишкендиктерге ээ болду. Көптөгөн артыкчылыктары менен алынган карбонад тибиндеги синтетикалык поликристаллдык алмаз, жаратылыш алмаздарына караганда механикалык катуулугу төмөн болуп бир топ кемчиликтери бар. Синтетикалык поликристаллдык алмаздын механикалык мүнөздөмөлөрүн жакшыртуу масатында лазердик нурлануунун жарадамы менен катуулугун жогорулатуу максатында иштер жүргүзүлүүдө [1-2].

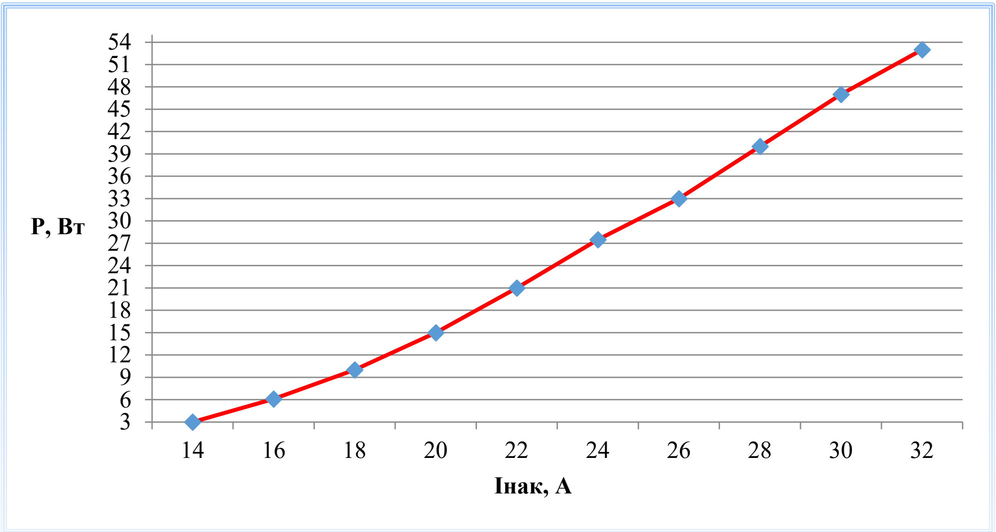
Алмазды термодинамикалык туруктуулук областында, карбонаддын поликаристаллын синтездөө Л.Ф. Верещагин [3] методикасы колдонулган. Синтездин катализатору катары никель менен хромдун негизинде пайдаланылды.

Эксперименттин методикасы жана үлгүлөрдү даярдап алуу.

1-таблицада чыгуудагы кубаттулуктун азыктандыруу булагынын накачка тогунан өзгөрүү көз карандылыгы көрсөтүлгөн. Эксперименталдык билдирүүлөр ИМО-2 орточо кубаттуулуктун өлчөгүчүнүн жардамы менен алынган.

1-таблица

$I_{нак}$,А	14	16	18	20	22	24	26	28	30	31,5
P,Вт	3	6,1	10	15	21	27,5	33	40	47	53



1-сүрөт.

1-таблицадагы алынгандар аркылуу чыгуудагы кубаттулуктун накачка тогунан көз карандылыгы 1-графикте көрсөтүлгөн. Графикте келтирилгендей үзгүлтүксүз лазердик нурлануунун чыгуу кубаттуулугу токтун кайсы бир маанилеринде сызыктуу көз карандылыкка ээ. Токтун жогорку мааниси 31,5 Аге 53 Вт кубаттулук тура келди.

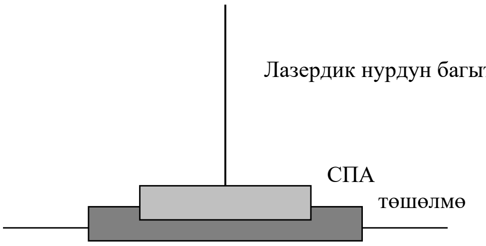
Лазердин мүнөздөгүчтөрүнүн бири болуп лазердик нурлануунун интенсивдүүлүгү эсептелет. Алынган эксперименттик билдирүүлөрдөгү кубаттуулуктан интенсивдүүлүккө төмөнкү формуланын жардамы менен өтүп эсептөөгө болот:

$$I = P/S \qquad (1)$$

мында S – лазердик тутамдын туура кесилиш аянты $S=\pi d^2/4$, муну (1) формулага коюп лазер нурунун интенсивдүүлүгүн алабыз

$$I = 4P/\pi d^2 \qquad (2)$$

Синтетикалык карбонад поликристаллын жана анын порошогун нурлантуу үчүн үзгүлтүксүз режимде 53 Вт кубаттуулукка чейин, 1,06 мкм толкун узундугунда иштөөчү катуу тело лазери пайдаланылган (2-сүрөт).



2-сүрөт. Лазердик иштетүү процессинде синтетикалык поликристаллдык алмазга багытталышы.

Алмаздын механикалык мүнөздөмөлөрүн изилдөөдө методду тандоонун татаалдыгы жана мындай

катуу, морт материалды механикалык сыноо шарты өтө кыйынчылыкта турат. Лазердик нурланууну аракети астында синтетикалык карбонад порошогунун катуулугунун өзгөрүшүн байкоодо жалпы белгилүү болгон сынөлчөө методу пайдаланылды. Буга ылайык бузуучу нагрузка катуулуктун көрсөткүчү катары колдонулду.

Алмазды синтездөөдө колдонулуучу локалдык жана эритме - эриткичтердеги чачыранды кошулмалар түрүндөгү ички дефектилер, ошондой эле дислокациялар кристаллдын ичинде чыңалуулардын талаасын пайда кылат.

Өлчөмдөрү 400/315 мкм болгон карбонад тибиндеги поликристаллдык алмаздардын катуулугуна лазердик нурлануунун таасири изилденди. Карбонад тибиндеги поликристаллдык алмаздардан инструменттерди алуу технологиялык мүмкүчүлүгүн кеңейтүү жана сапатын жакшыртуу максатында, өндүрүштө техниканын жетишкендиктерин активдүү пайдаланып, мисалы синтетикалык алмаздарды жана инструменттерди лазердик аракет этүү ыкмалары менен катуулугун жогорулатуу. Таш иштетүүдө жана курулуш индустриясында алмаздык инструменттерди пайдаланууда 400/315 мкм өлчөмдөгү алмаздык порошоктор колдонулат. Ошондой эле синтетикалык алмаздын кристаллдарынын эксплуатациялык касиеттерин жакшыртууда лазердик аракет этүү режимдери каралды.

Эксперимент жүргүзүү үчүн порошокторду атайын пресс-формада карбонад тибиндеги поликристаллдык алмаздардын механикалык майдалоо жолу менен алынып, андан кийин электик классификация менен өлчөмдөрү боюнча бөлүндү. Аларга туура сфералык форма берүү үчүн кошумча жылмалап иштетүү жүргүзүлдү. Алмаздын синтезделген поликристаллы цилиндрдик формада болуп, өлчөмдөрү: диаметри 4 мм жана бийиктиги 4-5 мм. Алынган бүтүн поликристаллдык алмаз, реакциядан графит жана синтез катализаторунан химиялык жол менен тазаланды.

Алмаздын катуулук мүнөздөмөсүн изилдөөдө, мындай өзгөчө катуу жана морт кристаллдарды механикалык сыноо шарттары жана методиканы тандоодо өтө татаалдыкта турду. Лазердик нурдануунун аракети астында синтетикалык алмаздардын катуулук өзгөчөлүктөрүнүн өзгөрүшүн байкоо үчүн алмаз данчаларын сыноодо [4]тө жазылып, кабыл алынган жалпы методика пайдалынды. Катуулуктун сапаттык көрсөткүчү катары бузуу нагрузкасы колдонулду. Сыноо Н.В. Бакулья атындагы Украинанын өзгөчө катуу материалдар Институтунда ДА-2М конструкциясындагы прибордо жүргүзүлдү.

Карбонад тибиндеги поликристаллдык алмаз үлгүлөрүн нулантуу үчүн 1,06 мкм толкун узундукта генерациялоочу неодим катуу тело лазери кодонулду. Нурду фокустоо үчүн 10 см аралыкта фокустоочу кварц линзасы пайдаланылды. Нурду фокустоочу линзанын каустикасы атайын үйрөнүлдү, мындайча айтканда нур тутумунун туура кесилиш өлчөмүнүн линза аралыгынан өзгөрүшү. Нур тутумунун өлчөмү аркылуу тегеректин диаметринин чегинде нурдун интенсивдүүлүгүнүн 20% максиалдыктан түзөт.

Андан кийин каралганды жөнөкөйлөтүү үчүн бул тегеректин чегинде интенсивдүүлүк бирдей деп алынды. Мындай өлчөө жолу менен алынган фокалдык темгилдын өлчөмү, F=10 см фокустук аралык үчүн 0,4 мм ге барабар.

Лазердик нурлануу аракет кылганда синтетикалык алмаздын катуулук касиетинин төмөндөшүнө алып келүүчү, алмаздын графитке айлануу процесси жана синтетикалык алмазды түзүлүшүндөгү металлдардын бууланышына жол берилген жок. Лазердик нурдун тутуму 4 мм ге, ал эми убакыт экспозициясы 3 төн 60 сек чейин өзгөргөн. Изилденүүчү порошоктун группаларынын катуулук мүнөздөмөлөрүнүн өзгөрүшү (F) бузуу нагрузкасынын салыштырмалуу өзгөрүшү боюнча катталды. Нурлантуунун жыйынтыгында эске алынуучу катуулук коэффициенти,

$$\text{к}_{\text{кат.}} = \frac{F_{\text{нур.}} - F_{\text{баш.}}}{F_{\text{баш.}}} 100\% \qquad (3)$$

Бузуу нагрузкасы, элүү ченөө жүргүзүүнүн статикалык көрсөткүчү катары аныкталды. Карбонад тибиндеги поликристаллдык алмаз үчүн коэффициент k нын мааниси лазердик нурлануунун кубаттуулугунун ар кандай нурлантуу варианттарынан көз каранды: а) турактуу кубаттуулукта нурлантуу убактысынын өзгөрүшүндө; б) нурлантуу убактысы турактуу болуп, лазердик нурлануунун кубаттуулугу өзгөргөндө (3) формула боюнча аныкталды.

Эксперименттин жыйынтыгы жана аларды ортого салуу.

Карбонад тибиндеги поликристаллдык алмаздын дандуулук өлчөмү 400/315 мкм партиясы 50 даана (пробалар) иштетүү үчүн тандоо бейкапар учурда жүргүзүлдү. Башында алгачкы порошоктун орточо катуулугу аныкталды. P=15,5 Вт лазердик нурлануунун турактуулугунда (мында лазердик нурлануунун интенсивдүүлүгү 493 Вт/см^2) $k_{\text{кат.}}$ максималдык турактуулук коэффициенти аныкталды, изилденүүчү порошокто лазердик нурлануунун аракет кылуусу ар кандай убакытта болду. Мурда көрсөтүлгөндөй, лазердик нурлануу карбонад тибиндеги поликристаллдык алмазга аракет кылганда катуулуктун коэффициентинин масималдык мааниси лазер нурлануусунун кубаттуулугу P=15,5 Вт болгондо жетишилген [2]. Ошондуктан, бул адабияттагы жумушта убакыттын өзгөрүшү менен изилденүүчү үлгүгө лазердик аракет этүүдө кубаттуулугу P=15,5 Вт барабар деп алынган.

Эксперименттин жыйынтыгы 2-таблицада көрсөтүлгөн.

2-таблица

№	Бузуу нагрузкасы, $F_{баш.}$, Н	Нурлантуу убактысы, с	Нурлантуудан кийин бузуу нагрузкасы $F_{нур.}$, Н	Катуулук коэффициенти, К, %
1.	71,3	3	90,88	27,5
2.		6	80,08	12,3
3.		9	93,09	30,5
4.		12	95,2	33,5
5.		15	81,9	14,9
6		18	64,8	-9,1

2-таблицадан көрүнгөндөй катуулантуу коэффициенти нурлантуу убактысынын узактыгы 12 с да болгондо максималдык мааниге ээ. Ошондуктан, кийинки экспериментте нурлантуу убактысы $t_{нур}$=12с да туруктуу деп алып, лазердин кубаттуулугун 3,5 Вт тан 32,5 Вт чейин өзгөрттүк. Эксперименттин жыйынтыгы 3-таблицада көрсөтүлгөн.

3-таблица

№	Бузуу нагрузкасы, $F_{баш.}$, Н	Лазер кубаттуулугу, Вт	Нурлантуудан кийин бузуу нагрузкасы $F_{нур}$, Н	Катуулук коэффициенити, К, %
1.	71,3	3,5	87,33	22,5
2.		8,5	92,8	30,2
3.		10,5	93	30
4.		12,5	95,95	34,6
5.		15,5	93,84	31,6
6.		32,5	70,08	-1,3

Алынган билдирүүлөрдөн төмөнкүдөй анализ кылууга болот, нурлантуунун кайсы бир интенсивдүүлүк диапазонунда жана иштетүү убактысында катуулатуу эффектиси байкалат. Синтетикалык алмаздын кристаллдарынын катуулугу, нурдун аракет этүүдөгө мүнөздөмөлөрүнөн гана көз каранды болбостон, ошондой эле алмаздын баштапкы абалынан да көз каранды. Лазер нуру аракет кылганда кристаллдын бетиндеги микро жарыктарды жана жука түзүлүшүн оңдоо жүргүзүү ыктымалдуугу, алардын катуулугун жогорулатууга түрткү берет. Ошол эле убакта лазердик нурлануу аракет кылганда алмаздагы болгон чоң кошулмалардын өтө ысышы кристаллдардын бузулушуна алып келет. Мында лазер менен өтө ысытканда алмаз кристаллдарынын жарым – жартылай графитизация жүрүшү мүмкүн. Бул карбонад тибиндеги поликристаллдык алмаздын катуулугунун азайышына алып келет. Кээ бир учурларда карбонад синтезинин басымынын көтөрүлүшү, анын катуулугунун жогорулашы менен металлдык байланыштын санынын азайышына алып келет, ошондой эле жылуулукка туруктуу болот.

Изилдөөлөрдүн жыйынтыгы синтетикалык алмаздын поликристаллдарынан турган порошоктордун катуулугун жогорулатуу үчүн лазердик технологияны пайдалануу шартка ылайык экенин күбөлөндүрүп турат.

Адабияттар:

1. Ножкина А.В., Лаптев А.И., Ермолаев А.А. Влияние условий получения поликристаллических алмазов карбонадо на их прочностные свойства. / Сверхтвердые материалы. - 2002, №5. - С. 36-39.
2. Минбаева Б.Д., Хайдаров К. Влияние лазерного излучения на структуру синтетического поликристаллического алмаза. / Научный журнал «Физика», 2013, №3. - С. 41-45.
3. Верещагин Л.Ф. Синтетические алмазы и гидроэкструзия // Сб. статей. - Ленинград: Наука. 1982. - 328с.
4. Порошки алмазные. Технические условия. - ГОСТ 9206 - 80. - М.: Издательство стандартов. - 1989. - 45 с.