

**Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын
машинатаануу, автоматика жана геомеханика институту**

**И. Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык
университети**

Д 05.24.703 диссертациялык кеңеши

Кол жазма укугунда

УДК: 621.7.01

621.7.015

Наумова Маргарита Геннадьевна

**Металл буюмдарын маркалоонун сапатын андагы түстүү
сүрөттөрдү түзүү аркылуу жакшыртуучу лазердик
технологияны иштеп чыгуу**

05.02.08 – машина куруу технологиясы

техника илимдеринин кандидаты илимий даражасын алуу үчүн
диссертациясынын
Авторефераты

Бишкек – 2025

Диссертациялык иш «МИСИС» Орусия Улуттук изилдөө технологиялык университети» федералдык мамлекеттик автономиялык жогорку окуу жайынын базасында жүргүзүлдү.

Илимий жетекчиси: **Морозова Ирина Георгиевна**, техника илимдеринин кандидаты, доцент, МИСИС Илим жана технология университети, Технологиялык жабдууларды куруу кафедрасы

Расмий оппоненттер: **Абсадыков Бахыт Нарикбаевич**, техника илимдеринин доктору, профессор А. Бектуров атындагы Химия илимдер институтунун генералдык директорунун орун басары, Казакстан Республикасы.

Жумалиев Жекшенбай Муратбекович, техника илимдеринин кандидаты, Кыргыз мамлекеттик техникалык университетинин Машина куруу технология кафедрасынын доценти.

Жетектөөчү мекеме: Федералдык мамлекеттик бюджеттик жогорку билим берүү мекемесинин Москвадагы мамлекеттик технологиялык «СТАНКИН» университети.

127994, Москва, ГСП-4, Вадковский проспектиси, 1

Диссертацияны коргоо **2025-жылдын 05-мартында саат 16:00до** Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын машинатаануу, автоматика жана геомеханика институтунун алдындагы техника илимдеринин кандидаты окумуштуулук даражасын изденип алуу үчүн диссертацияларды коргоо боюнча Д 05.24.703 диссертациялык кеңешинин отурумунда өткөрүлөт. И. Раззаков атындагы Кыргыз Республикасынын Билим берүү жана илим министрлигинин дареги боюнча: 720055, Бишкек ш., Скрябин көч., 23.

Онлайн коргоо берүүнүн идентификациялык коду <https://vc.vak.kg/b/052-xlj-xui-jwa>.

Диссертация менен Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын Машинатаануу, автоматика жана геомеханика институтунун (720055, Бишкек ш., Скрябин көч., 23) жана И.Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университетинин китепканаларынан (720044, Бишкек шаары, Ч.Айтматов проспектиси, 66) жана Кыргыз Республикасынын Президентине караштуу Улуттук аттестациялык комиссиянын сайтында:

https://stepen.vak.kg/diss_sovety/d-05-24-703 таанышууга болот.

Автореферат 2025-ж. «21» апрелде жөнөтүлгөн.

Д.05.24.703 диссертациялык кеңештин окумуштуу катчысы,
Т.И.К., у.и.к



Эликбаев К.Т.

ИШТИН ЖАЛПЫ МҮНӨЗДӨМӨСҮ

Диссертациянын темасынын актуалдуулугу. Металл беттерге түстүү сүрөттөрдү колдонуу үчүн иштелип чыккан технология жогорку сапаттагы продукцияны жасалмалоодон коргогон товардык белгилерди басып чыгарууда жана микротехнологияда бөлүктөрүн классификациялоодо эффективдүү колдонулушу мүмкүн. Бул сүрөт продукт механикалык таасири жок жогорку тактык менен металл бетине колдонулат абдан маанилүү болуп саналат. Бул диссертациянын темасы, албетте, актуалдуу деген тыянак чыгарууга мүмкүндүк берет.

Сапаттуу маркировкалоонун аркасында ишкана чыгарган продукциянын ар бир бирдигине катуу эсеп жургузулуп, анын кыймылына ишкананын ичинде гана эмес, сатуу учурунда да контролдук жургузулат. Технологиялык процесстердин өзгөчөлүгүнөн улам, кээде массалык түрдө өндүрүлгөн продукцияны маркировкалоо аппараттарсыз тейлөөчү персонал тарабынан кабыл алынышы үчүн жеткиликтүү болушу керек жана тигил же бул тетикти туура пайдалануу маселеси өтө тез жоопту талап кылат. Мындай учурларда, түстүү лазер менен белгилөө алмаштырылгыс болуп саналат.

Металл беттериндеги түстүү сүрөттү алуу процессине таасир этүүчү факторлор салыштырмалуу аз жана тар багытта изилденген, ошондуктан бул факторлордун өз ара аракеттенүүсүн аныктоо, системалаштыруу жана аныктоо үчүн мындан аркы изилдөөлөрдү талап кылат.

Иштин максаты металл бетинде түстүү сүрөттөрдү түзүү максатында лазердик иштетүү режимдерин изилдөө жана иштеп чыгуунун негизинде металлургиялык продукцияны түстүү лазердик белгилөө процессин өркүндөтүү болуп саналат.

Изилдөөнүн маселелери.

1. Лазердик белгилөөдө түскө боёо боюнча татаал рельефтин микрогеометриясынын жана бетинин тегиздигинин таасирин изилдөө.
2. Материалдын кичинекей катмарын лазердик модификациялоо жолу менен металлдын бетине түстүү сүрөттөрдү тартуунун режимдерин иштеп чыгуу.
3. Лазердик белгилөө параметрлерин тандоодо автоматташтыруунун мүмкүн болгон ыкмасын иштеп чыгуу.

Изилдөө ыкмалары. Ишке төмөнкүлөр кирген: металлографиялык экспертиза, рентген-спектралдык талдоо, кесүү ыкмасы жана феноменологиялык ыкма. Алдыга коюлган максаттарга жетүү үчүн заманбап жабдуулар колдонулган: импульстук була лазери HansLaserMars; жарык оптикалык микроскоп AxioObserver D1m;

оптикалык микроскоп UnionVersamed 2; Ригаку көп функциялуу рентген дифрактометри; электрондук сканерлөөчү микроскоп TESCAN VEGA3 SB.

Изилдөөнүн объектиси болуп болоттон жана түстүү металлдардан жасалган беттер, анын ичинде ар кандай параметрлер менен лазердик белгилөөнүн натыйжасында ар кандай түскө боёлгон жабуулар саналат.

Изилдөөнүн предмети болуп лазердик белгилөө учурунда түстүү боёодо татаал рельефтин микрогеометриясынын таасирин аныктоо; ЦЛМ учурунда каптоочу материалда түстүү сүрөттүн пайда болушуна субстраттык материалдын термофизикалык мүнөздөмөлөрүнүн таасирин аныктоо.

Диссертациянын коргоого чыгарылган негизги жоболор

1. Татаал регулярдуу рельефтин жана бетинин бүдүрлүүлүгүнүн микрогеометриясынын таасири лазердик белгилөө учурунда сүрөттөрдүн көрсөтүлгөн түс диапазонун аныктоого мүмкүндүк берет.

2. Лазердик маркировкалоо комплексинин үч негизги параметрин башкаруу жолу менен стандарттык түзүлүштөр окуй турган карама-каршы сүрөттөрдү алууга мүмкүндүк берүүчү хром беттерин лазердик маркалоонун режимдери.

3. JavaScript программалоо тилинде «Лазкон» лазердик белгилөө үчүн параметрлерди тандоо программасы, ар кандай металл материалдардын бетинде түстүү сүрөттөрдү алуу процессин автоматташтырууга мүмкүндүк берет.

Илимий жаңылык 1. Металл беттеринде көрсөтүлгөн контраст сүрөттөрдү алуу үчүн лазердик маркалоо комплексинин технологиялык режимдерин эсептөө жана тандоо боюнча илимий жактан негизделген сунуштар;

2. Лазердик иштетүүдө металлдын бетинде оксид пленкаларында жаракалардын пайда болушуна алып келбеген кайталануучу контраст сүрөттөрүн түзүү процессин автоматташтыруу методун иштеп чыгуу.

Алынган илимий натыйжалардын негиздүүлүгүнүн жана ишенимдүүлүгүнүн даражасы

Лабораториялык жана өндүрүштүк шарттарда маалыматтык технологияларды колдонуу менен эксперименталдык маалыматтарды иштеп чыгуунун белгиленген ыкмаларын колдонуу менен сертификатталган жабдууларда эксперименттерди жүргүзүү жана иштин натыйжаларын пилоттук сыноо менен камсыз кылынат.

Алынган натыйжалардын мааниси

Металл беттериндеги ЦІМди изилдөөнүн жана алынган натыйжалардын негизинде лазердик иштетүүдө металлдын белгилүү бир маркасында ачык түстүү сүрөт алуу үчүн маалымат базасы менен иштөө программасы иштелип чыккан.

Иштин натыйжаларын ишке ашыруу

Иштин натыйжалары өндүрүшкө өткөрүлүп берилди, бул ишканаларда: «Уфа компрессордук заводу» ЖЧКсы, «ТСМ» илимий-техникалык борбору ЖЧКсы, «СОЛИД ЛАЙН» ЖЧКсы боюнча тиешелүү аткаруу актылары менен ырасталган.

Натыйжаларды текшерүү.

Иш Россиянын Билим берүү жана илим министрлигинин 2014-2016-жылдарга илимий ишмердүүлүк жаатындагы мамлекеттик тапшырмасынын “Изилдөө иштерин жүргүзүү (фундаменталдык илимий изилдөөлөр, прикладдык илимий изилдөөлөр жана эксперименталдык иштеп чыгуулар)” мамлекеттик ишинин алкагында жүргүзүлдү. (Тапшырма № 2014/113). Ошондой эле 01.04.2019-ж. № ГПХ22-2019/291 келишиминин алкагында «Металл беттерин түстүү лазердик маркалоонун параметрлерин изилдөө» темасы боюнча.

Диссертациянын негизги жыйынтыктары жана жоболору илимий конференцияларда баяндалган:

1. «Назарияттык жана колдонуу изилдөөлөрдүн заманбап багыттары ‘2015» онунчу жыл сайын өтүүчү эл аралык илимий-тажрыйбалык интернет-конференция (2015-жылдын 17-мартынан 29-мартына чейин). SWorld долбоору (www.sworld.education)
2. Эл аралык илимий-техникалык конференция Prom-Engineering 2019 25-29-март күндөрү Сочиде (<http://icie-rus.org/icie2019-rus.html>).
3. «NUST MISIS студенттеринин илимий-практикалык конференциялары». С.М. Горбатюк Киров, 2016, с. 54-58 «Металл бетинде түстүү сүрөттөрдүн башкарылуучу түзүлүшүн түзүүнүн мүмкүнчүлүктөрүн феноменологиялык изилдөө».
4. “МИСИС” НИТУ студенттеринин илимий-практикалык конференциялары, С.М.Горбатюк тарабынан редакцияланган. Киров, 2017, 37-40-б. “Металл бетинин топологиясына жана түстүү гаммасына лазердик нурлануу параметрлеринин таасири”.
5. Industrial Engineering, Applications and Manufacturing боюнча эл аралык конференция (ICIAM). 2019.

Автордун жеке салымы. Диссертациялык иштин бардык этаптарында автор изилдөөнүн максаттарын коюуга, экспериментти пландаштырууга жана методологиялык жактан камсыздоого, эксперименталдык өлчөөлөрдүн көбүн жүргүзүүгө, алынган натыйжаларды талкуулоого жана корутундуларды түзүүгө түздөн-түз катышкан. Бардык эксперименталдык иштер жана керектүү эсептөөлөр арыз ээси тарабынан жеке же анын түздөн-түз катышуусу менен жүргүзүлгөн.

Басылмалар. Диссертациянын материалдарынын негизинде 18 басылма бар, алардын 5и Жогорку аттестациялык комиссия тарабынан сунушталган рецензияланган илимий журналдардын тизмесине кирген, 9 макала Scopus рецензияланган илимий адабияттардын бирдиктүү маалымат базасында жарыяланган. Илиметрикалык көрсөткүч, автордун Хирш индекси (h-индекс) 9.

Иштин структурасы жана көлөмү. Диссертация кириш сөздөн, 4 бөлүмдөн, корутундудан, басылмалардын тизмесинен, адабияттардын тизмесинен, анын ичинде 47 аталыштан жана 3 тиркемеден турат. Чыгарма машинкага басылган 130 барак текстте берилген жана 46 сүрөт жана 29 жадыбалдан турат.

ДИССЕРТАЦИЯНЫН НЕГИЗГИ МАЗМУНУ

Киришүү

Продукцияны лазердик маркалоо продукцияны контрафакттыктан коргоону жогорулатуу чөйрөсүндөгү келечектүү багыт болуп саналат, ал эми түстүү лазердик сүрөттү калыптандыруу продукцияны идентификациялоонун бул ыкмасынын мүмкүнчүлүктөрүн кеңейтет.

Лазердик белгилөө продуктуларды убакыттын өтүшү менен оңой аныктоого мүмкүндүк берген жогорку туруктуулук параметрлерине ээ. Бул артыкчылык адистештирилген маркалоочу жабдуулардын жогорку баасын компенсациялайт.

Машина курууда лазер нурун чыгаруучу ар кандай геометриялык фигуралар бар беттерге белги коюу үчүн роботтук түзүлүштөр менен айкалыштырылган. Маркировкаларды колдонуунун ылдамдыгы бул ыкманы дене бөлүктөрүн даярдоонун технологиялык процессинин агымында колдонууга мүмкүндүк берет.

Иште сунушталган санариптик маркалоо машинасынын режимдери металл материалдардын беттерине комплекстүү көп түстүү маркалоо сүрөттөрүн колдонууну камсыздай алат, анын ичинде түстөрдүн кеңири диапозону логотиптердин же атайын символдордун

сүрөттөрүнө гана эмес, коддоо коддоруна да жайылтылат, бул маркалоонун бул түрүн продукцияны жасалмалоодон коргоо үчүн колдонууга мүмкүндүк берет.

Биринчи бапта илимий, техникалык жана патенттик адабияттарды карап чыгуу жана талдоо каралган жана изилдөө максаттары коюлган.

Импульстук лазердик нурланууну колдонуу менен металлдардын бетине термикалык таасир берүү маселелери каралып, RAYMARK CNC MARK 2 лазердик оюгучунун иштөөсү баяндалган.

Продукцияны лазердик маркалоонун максаттары жана методдору менен байланышкан маселелер керсетулуп, металлдарды лазердик маркалоо учун жабдуулардын мумкунчулуктеру аныкталган. Макалада түстүү сүрөттөлүштүн пайда болуу процессине заманбап илимий көз караштар берилген жана металлдардын бетин боёо процессине таасир этүүчү факторлор каралат. Бирок КЛИМдин натыйжасында пайда болгон татаал регулярдуу рельефтин микрогеометриясынын параметрлеринин түстүү боёктун пайда болушуна тийгизген таасирин системалуу түрдө изилдөө жөнүндө илимий булактарда маалымат жок. Ошондуктан, берилген белгини алуу үчүн, биринчи кезекте, пайда болгон түстүү сүрөттүн лазердик белгилөөнүн параметрлерине, оксид пленкаларынын фазалык курамына жана беттин микрогеометриясына, анын ичинде анын бүдүрлүүлүгүнө көз карандылыгын аныктоо зарыл.

Экинчи бапта изилдөө методологиясын өнүктүрүүгө арналган. Эксперименталдык металл плиталарына түстүү сүрөттү колдонуу үчүн YLP-F жана HansLaserMars маркасындагы импульстук була лазерди колдонулган. Программалык камсыздоону (MarkingSoftware6.0) колдонуу менен лазердик иштетүүнүн керектүү режимдери коюлган: геометриялык параметрлер, белгилене турган объекттин узундугу жана туурасы, лазердик нурлануунун параметрлери, сканерлөө ылдамдыгы, лазер нурунун кыймылы жана толтуруу стратегиясы.

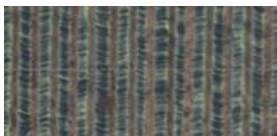
Изилдөөлөрдү жүргүзүү үчүн ар кандай жылуулук-физикалык мүнөздөмөлөрү бар металл материалдар тандалып алынган: болот 12X18N10T; болот 08 жана латунь L63 гальваникалык хром жалатуу ыкмасы менен капталган.

Өнөр жайда, өзгөчө машина курууда хром жалатуу буюмдарды коррозиядан же механикалык зыяндан коргоо үчүн кеңири колдонулат. Мындай бөлүктөргө лазердик белгилөө өзгөчө мааниге ээ жана аз изилденген маселе.

Алынган түстүү сүрөттү баалоо үчүн түстүү баалоо шкаласы тандалган. Учурдагы көптөгөн системалардын ичинен кеңири колдонулган эки рейтинг системасы тандалган: RAL түс каталогу жана NCS түс системасы.

Заманбап жабдууларды жана ылайыктуу изилдөө ыкмаларын тандоо негизделген.

AxioObserver D1m микроскопунун жардамы менен микроструктуралардын түстүү сүрөттөрү жазылып алынган, металлографиялык секант методу аркылуу лазердик нурлануу аркылуу иштетилген татаал регулярдуу бет рельефинин микрогеометриясы Сизер программасы аркылуу изилденген. Структуралык элементтердин өлчөөлөрү жүргүзүлдү: үлгүлөрдүн бетинде лазердик таасир зоналары (LIZ) жана жылуулук таасир этүүчү зоналар (ТЗА), андан кийин алынган натыйжаларды статистикалык иштетүү (1-сүрөт).



1-сүрөт –Sizer программасындагы үлгү

Ар түрдүү түстөгү үлгүлөрдүн бетинин микрогеометриясы боюнча маалыматты толуктоо үчүн (тартип бузуулардын тереңдигин аныктоо үчүн) VICWU контактсыз жарык профилометрин колдонуу менен изилдөөлөр жүргүзүлгөн. Анын иштөө принциби - булактан чыккан жарык, изилденип жаткан бетинен чагылышып, интерференциялык схеманы түзүп, андан кийин видеокамера тарабынан жазылат. Андан кийин маалыматтар иштетилет жана интерференция үлгүлөрүнүн жыйындысы жогорку резолуциядагы беттик деңгээлдеги картага айланат.

Үлгү бетинин химиялык жана фазалык курамы Ригаку рентген дифрактометринин жардамы менен жылма нурдун геометриясында жука пленканы анализдөө ыкмасын колдонуу менен изилденген. Бул аппарат оксид пленкасынан күчтүү сигналды кыйратпастан алууга мүмкүндүк берет. Бул оксид пленкасынын субстратынан - металлдан келген интенсивдүү сигналдан качууга мүмкүндүк берет, бул сканирлөөнүн натыйжасы болуп саналат.

Натыйжаларды математикалык жана графикалык иштетүү маалымат технологияларын жана AUTODESK INVENTOR, AUTOCAD программаларын колдонуу менен жүргүзүлдү.

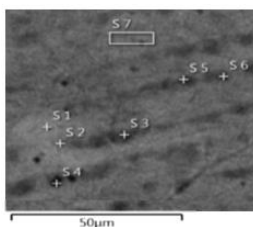
Үчүнчү бап ЦЛМ учурунда дат баспас болоттун бетинде пайда болгон оксид пленкаларынын фазалык курамын жана абалын изилдөөнүн эң сонун ыкмаларына арналган. Бөлүмдө түрдүү түстөгү үлгүлөрдүн татаал регулярдуу беттик рельефинин микрогеометриясын изилдөө баяндалат.

Ар түрдүү түстөгү үлгүлөрдүн бетинин фазасы жана химиялык курамы Ригаку рентгендик дифрактометринин жардамы менен жылма нурлардын геометриясында жука пленканы анализдөө методу менен изилденген.

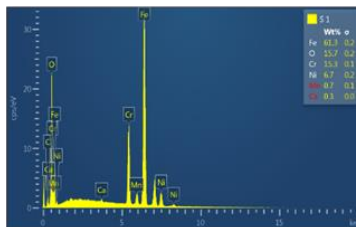
Боёлгон үлгүлөрдү толук анализдөө үчүн аларды RAL шкаласы боюнча түстүү топторго топтоо үчүн феноменологиялык ыкма колдонулган: “Папоротник жашыл” (RAL тобу 6025), Кызыл-кызгылт сары (RAL тобу 2001), Кара-жашыл (RAL тобу 6012), Алтын сары (RAL тобу 1004). Тандалган түс топтору боюнча анализдин натыйжалары диссертацияда берилген.

2-сүрөт Fern Green (RAL 6025) үлгүсүнүн микроструктурасын, үлгүнүн беттик изилдөө чекиттеринин жайгашкан жерин көрсөтөт. 3-сүрөттө изилдөө үчүн тандалган пункттардын биринин алынган химиялык курамынын үлгүсү көрсөтүлгөн.

Изилдөө үчүн микроструктура боюнча 8ге жакын пункт тандалып алынган. Диссертацияда боёлгон үлгүнүн тандалган түс тобунун ар бир пунктунун толук анализи берилген.



2-сүрөт – “Жашыл папоротник” түстүү үлгүсүнүн микроструктурасы, үлгү бетинин изилдөө чекиттеринин жайгашкан жери



3-сүрөт – “Жашыл папоротник” түсүнүн үлгүсүнүн бетин изилдөөдө No S1 чекитинин химиялык курамынын спектрограммасы

ЦЛМ натыйжасында пайда болгон 12Kh18N10T болоттун бетиндеги оксид пленкаларынын сапаттык фазалык анализи темир (Fe_3O_4) жана никель (NiO) оксиддеринин бар экендигин көрсөттү. Мындан тышкары, хром менен никельдин темирдеги катуу эритмеси байкалган (1-жадыбал).

1-жадыбал – 12X18H10T болоттон жасалган түрдүү түстөгү үлгүлөрдүн беттик пленкаларынын фазалык анализинин натыйжалары

Түстүү топ	Фазалар	Массалык үлүшү, %
Жашыл папоротник (RAL 6025 топ)	Катуу эинди FeNi	29,0
	Fe ₃ O ₄	56,1
Кызыл-саргыч (RAL 2001 топ)	Катуу эинди (FeCrNi)	52,0
	NiO ₄ Fe ₃ 6·O ₄	39,6
Кара-жашыл (RAL 6012 топ)	Катуу эинди (CrNi)	83,2
	FeO·Fe ₂ O ₃	14,8
Алтын-сары (RAL 1004 топ)	Катуу эинди (CrNi)	83,1
	Fe ₃ O ₄	13,1

Үлбүрөктөрдүн түстүүлүгүнүн өзгөрүшү менен фазалардын массалык үлүшү, мисалы, темир оксиддери олуттуу өзгөрөт: Жашыл папоротник үлгүсүндөгү тасмалардагы 56%дан Алтын Сары үлгүсүндөгү тасмалардагы 13,1%ке чейин. Лазердик нурлануунун ар кандай параметрлери менен 12X18H10T болоттон жасалган изилденген үлгүлөрдүн бетинде оксид үлбүрөктөрүнүн ар кандай структуралары пайда болгон (2-жадыбал).

2 - жадыбал - 12X18H10T болоттон RAL контрасттык топторун алуу үчүн колдонулган лазердик нурлануунун параметрлери.

Лазердик нурлануунун параметрлери	Үлгүнүн тобу жана түсү			
	RAL 6025 Жашыл папоротник	RAL 6012 Кара-жашыл	RAL 1004 Алтын-сары	RAL 2001 Кызыл-саргыч
f , кГц	50	20	100	100
P , Вт	60	35	80	80
L , мм	0,005	0,01	0,03	0,005
V , мм/с	500	300	300	400
N	2	1	1	1

12X18H10T болоттун бетинде пайда болгон үлбүрөктөрдө ар кандай параметрлер менен белгилөөдө жаракалардын пайда болушун изилдөө $\times 1000$, $\times 3000$, $\times 7000$ чоңойтууда жүргүзүлгөн.

Жогорку чоңойтуудагы электрондук микроскопия лазердик нурлануунун ар кандай параметрлеринде оксид үлбүрөктөрүнүн сапаты жарака пайда болуу жагынан айырмаланарын көрсөттү. Оксиддик

үлбүрөктөрдөгү жаракалар тармагынын пайда болушу лазердик белгилөөнүн сапатын төмөндөтпөй коё албайт.

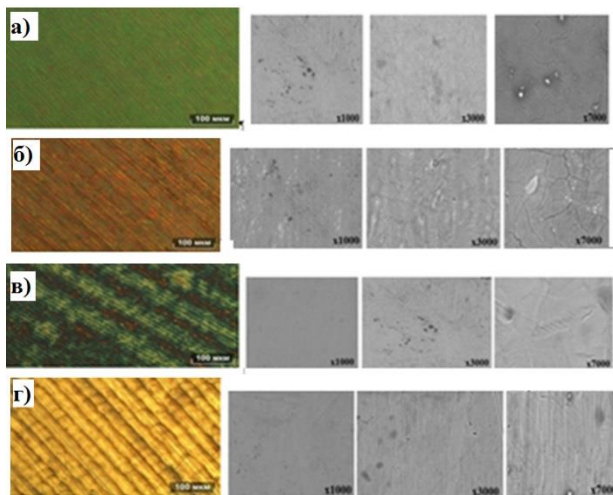
Белгилүү параметрлердин астында үлгүлөрдүн бетинде жаракалар тармагы пайда болот, аны $\times 7000$ чоңойтуудо гана ачык байкоого болот. Жарык тармагы нурлардын алдыңкы ылдамдыгында (400...500 мм/сек) жана нур өткөөлүнүн ортосундагы эң аз аралыкта (0,005 мм) түзүлгөн. Нурдун кайра-кайра өтүшү да үлгүлөрдүн бетинде жаракалардын пайда болушуна шарт түзгөн (4-сүрөт).

Жарык тармагы төмөнкү учурларда пайда болгон:

- нурлардын илгерилөө ылдамдыгы 400...500 мм/с;
- 0,005 мм нурлуу өтмөктөрдүн ортосундагы аралык;
- лазердик нурлануунун күчүн 80 Вт чейин жогорулатуу;
- импульстун жыштыгы 100 кГц чейин;
- нурдун кайра-кайра өтүшү.

Төмөнкү параметрлер менен иштетилген бетинде жаракалар жок: -

- лазердик нурлануу күчү 35 Вт;
- импульстун жыштыгы 20 кГц;
- нурдун ылдамдыгы 300 мм/сек;
- бир нурлуу өтүү.



а) Жашыл папоротник үлгүсү; б) Кызыл-саргыч үлгүсү;

в) Кара-жашыл үлгүсү; г) Алтын-сары үлгүсү.

4-сүрөт – Изилденген үлгүлөрдүн үстүнкү микроструктурасы

Көп түстүү оксид үлбүрөк бир нече фазаларды камтыйт, алар ар кандай сызыктуу кеңейүү коэффициенттерине ээ. Ошондуктан, жаракалар жогорку нур ылдамдыкта же кайталап жылытуу жана муздатуу учурунда көбүрөөк активдүү пайда болот.

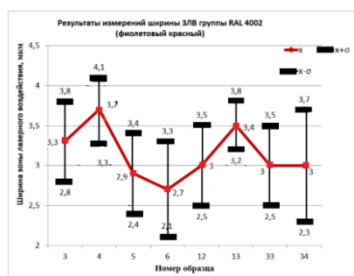
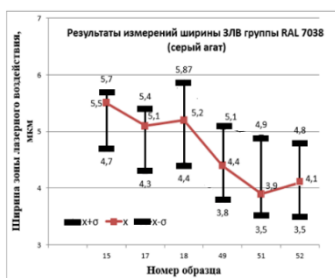
Микроструктуралык сүрөттөрдү талдоодон көрүнүп тургандай, бетинде "карылар" пайда болот, алар таасир эткен аймакты "сырдоо" учурунда лазер нурунун өтүшүнүн натыйжасында алынган. "Бороздун" туурасы лазердик нурлануу тарабынан болжолдонгон тактын диаметрине туура келет жана болжол менен 35 микронду түзөт. оюктардын ортосундагы аралык болжол менен 12 мкм, ал эми тереңдиги 0,3...0,8 мкм (пайда болгон түскө жараша). Мындан тышкары, 0,5...1,2 мкм бийиктиктеги кичинекей өсүштөр тактардын таасири аймагында үлгүнүн бетинде көрүнөт. Бул өсүштөр лазердик нурлануу астында татаал беттик рельефти түзүп, металлдын кайнатуусунун натыйжасында пайда болот. Бул визуалдык түстөрдүн пайда болушу жука үлбүрөктөрдөгү түстөрдүн күнүрттөнүү жана интерференция кубулушу менен гана эмес, дифракциянын натыйжасы, б.а. бир эле учурда бир нече процесстердин татаал көрүнүшү болушу мүмкүн экенин көрсөтүшү мүмкүн. Демек, татаал мезгилдүү беттик рельефтин микрогеометриясы CLMдин натыйжасында алынган түстөрдүн пайда болушун визуалдык кабылдоого олуттуу таасирин тийгизиши мүмкүн жана тереңирээк изилдөөнү талап кылат. Бул таасирди баалоо үчүн болжолдуу баа гана эмес, системалуу мамиле керек. Ошондуктан, дат баспас болоттон жасалган, латундан жасалган жана хром гальваникалык каптамаларынын бетиндеги түстөрдүн пайда болушуна ар түрдүү параметрлери менен лазердик нурлануу жолу менен модификацияланган беттик микрокедирликтин кеңдигинин жана тереңдигинин структуралык болот менен латунга тийгизген таасирин аныктоо үчүн бир катар эксперименттер өткөрүлдү.

Ар кандай контрасттык топтордо лазердик таасир этүүчү чөлкөмдөрдүн (ЛТЧ) жана жылуулук таасир этүүчү зоналардын (ЖТЧ) кеңдигин аныктоо үчүн $\times 200$ эсе чоңойтуудагы жарык микроскоптун жардамы менен металлографиялык изилдөө жүргүзүлгөн. Кедирдик параметри эсептелген – профилдин бузулушунун орточо кадамы Sm . Изилдөөнүн натыйжалары математикалык статистикалык ыкмаларды колдонуу менен иштетилгенден кийин системалаштырылган жана 3-жадыбалда жана 5-сүрөттө диаграммалар түрүндө берилген.

3- жадыбал – 8 чекит боюнча изилдөө ар кандай контрасттык топтордогу профилдик бузулуулардын орточо кадамын эсептөөнүн натыйжалары

Топ	Боз агат RAL 7038							
Sm, мкм	24,79	25,37	23,29	20,54	25,37	21,87	21,85	21,71
σ	0,83	0,77	0,86	0,85	1,02	0,81	0,62	0,71
Топ	Кызгылт кызыл RAL 4002							
Sm, мкм	25,42	25,37	25,61	25,41	25,26	26,22	20,08	20,51
Σ	0,96	0,59	1,03	1,03	1,11	1,21	0,96	0,77
Топ	Боз антрацит RAL 7016							
Sm, мкм	25,71	25,48	25,91	25,75	26,01	25,64	25,43	26,21
σ	1,71	0,84	0,92	0,97	0,87	0,76	0,85	0,89

Ар кандай контраст топтору үчүн Sm оройлук параметри бири-биринен (өлчөө натыйжаларынын жайылышын эске алуу менен) олуттуу айырмаланат. 12X18N10T елчемундегу болоттон жасалган бир пластинада оксид пленкаларынын кебуреектугун уйренуу боюнча эксперимент жүргүзүлдү, анын структурасы бирдей жана буткул бетинде тегиздиги бар.



5-сүрөт – ЛТЧнын туурасын өлчөөлөрдүн натыйжалары

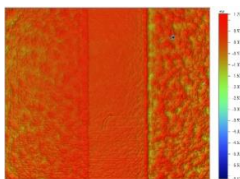
Белгиленген металлдын бетиндеги комплекстүү регулярдуу рельефтин микрогеометриясын изилдөөдө профилдин бузулууларынын орточо кадамын эсептөөдөн тышкары, VICWU контактсыз профилометрдин колдонуу менен профилдин бузулууларынын тереңдиги изилденген.

Изилдөө үчүн үлгүлөр RAL шкаласы боюнча кызыл жана жашыл түстүү топтордон тандалып алынган. Изилденген үлгүлөрдүн бүдүрлүктүн алынган параметрлери 4-жадыбалда көрсөтүлгөн.

4-жадыбал – Кедирдикти өлчөөнүн натыйжалары

Группа и цвет образца	Кедирлик параметри	
	R_a , мкм	R_z , мкм
RAL 6025 топ Жашыл папоротник	$0,26 \pm 0,01$	$3,06 \pm 0,39$
RAL 2001 топ Кызыл-саргыч	$0,17 \pm 0,02$	$1,87 \pm 0,25$

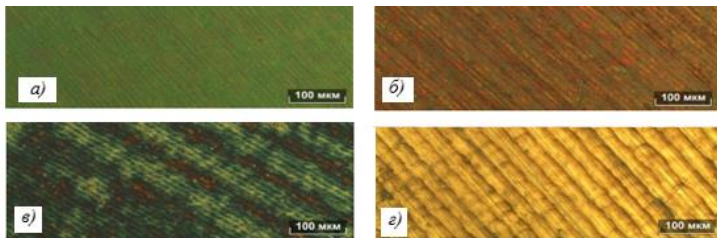
Изилдөөчү аймактын изилденген беттик аянттарынын профили 6-сүрөттө берилген.



6-сүрөт – изилденип жаткан аймактын бетинин 3D сүрөтү

Нормалардын бийиктигин 1,5 эсеге жогорулатуу (устун эки жолу өтүшүнө байланыштуу, бардык башка нерселер бирдей) беттин түсүн кызылдан жашылга түп-тамырынан бери өзгөртөт.

Ар түрдүү параметрлери бар КЛМдин натыйжасында пайда болгон регулярдуу беттик рельефтерди изилдөө боёктун визуалдык кабыл алынышына бул рельефтердин микрогеометриясынын таасирин көрсөтүү (7-сүрөт).



а) Жашыл папоротник үлгүсү; б) Кызыл-саргыч үлгүсү; в) Кара-жашыл үлгүсү; г) Алтын-сары үлгүсү.

7-сүрөт – $\times 200$ чоңойтуудагы оптикалык микроскоптун жардамы менен алынган сүрөттөр

Жүргүзүлгөн изилдөө дат баспас болоттун бетиндеги түстөрдүн пайда болушуна ЦЛМ учурунда пайда болгон комплекстүү регулярдуу беттик рельефтин микрогеометриясынын таасирин көрсөттү.

Машина курууда лазер нурун чыгаруучу ар кандай геометриялык фигуралар бар беттерге белги коюу үчүн роботтук түзүлүштөр менен айкалыштырылган. Белгилөөнүн ылдамдыгы бул ыкманы технологиялык өндүрүш процессинин агымында колдонууга мүмкүндүк берет. Бул мүмкүнчүлүктөрдү колдонуу үчүн, 12X18N10T болоттун бетиндеги CLM режимдери RAL шкаласы боюнча бир катар контрасттык топторго туура келген түстөрдү алуу үчүн аныкталган жана оксид үлбүрөктөрдө жаракалардын пайда болушуна жол бербөө үчүн лазердик иштетүү режимдери белгиленген.

Төртүнчү бап көмүртектүү болоттун 08 жана латунь Л63 хром гальваникалык каптамаларын лазердик белгилөөнүн мүмкүнчүлүктөрүн жана үлгүлөрүн изилдөөгө арналган.

Капталган металл плиталардын ЦЛМ учурунда алынган түстүү сүрөттүн лазердик нурлануунун параметрлерине жана иштетилген материалдардын жылуулук-физикалык мүнөздөмөлөрүнө көз карандылыгы каралат. Азыркы учурда металл жабууларын оюп түшүрүүнү жана маркировкалоону изилдөөгө арналган белгилүү эмгектер жок, ошондуктан бул изилдөө илимий жана практикалык кызыгууну жаратат. Хром каптамалары темир менен гальваникалык жуп түзө албайт, ошондуктан темирди электрохимиялык коргой албайт. Концентрленген азот кислотасы менен аракеттенгенде хромдун бетинде эрибеген оксид пленкасы пайда болот; бул процесс хром пассивациясы деп аталат. Хром органикалык кислоталар же күкүрт суутек менен реакцияга кирбейт. Атмосфералык аба менен өз ара аракеттенгенде ал

түсүн өзгөртпөйт, ошондой эле металлдын андан ары бузулушуна жол бербеген пассивдүү пленка менен капталат.

Изилдөө үчүн болоттун жана латундун үлгүлөрүн тандоо алардын өнөр жайда кеңири колдонулушу жана ар түрдүү термофизикалык касиеттери менен негизделет (5-таблица).

Үлгүлөрдү гальваникалык хром менен каптоо эки үлгү үчүн тең чагылдыруу коэффициенти сыяктуу материалдык параметрди теңдештирүү мүмкүнчүлүгүн берди. Бул параметр лазердик иштетүүнүн натыйжалуулугуна таасир этет. Бул коэффициент канчалык жогору болсо, бетке белгилерди колдонуу үчүн лазердин күчү ошончолук көп колдонулушу керек. Эксперимент жүргүзүү үчүн калыңдыгы 1 мкм болгон хром каптоо колдонулган.

5-жадыбал – Субстраттык металлдардын термофизикалык мүнөздөмөлөрү

Мүнөздөмө	Болот 08	Латунь Л63
Жылуусыйымдуулук, кДж/(кг ⁰ С)	0,381	0,481
Жылуу өткөрүмдүүлүк, Вт/(м ⁰ С)	60	110
Тап өткөрүмдүүлүк, м ² /с	12,5	26,4

Бул калыңдык өнөр жай продукциясын хромдоо үчүн сунушталган маани болуп саналат.

Болот жана жез плиталарындагы калыңдыгы 1 мкм болгон хром каптоосун алуу үчүн 2 мүнөт талап кылынды.

Сыноолордун жардамы менен түстүү сүрөттү түзүү үчүн лазердик нурлануунун кайсы параметрлери зарыл жана ар кандай түстөрдү алуу үчүн бул параметрлерди кайсы диапазондордо тууралоо керек экендиги жөнүндө түшүнүк түзүлдү. Сыноо сүрөтү 8-сүрөттө көрсөтүлгөн. Тамгалардын бийиктиги 5 мм.



8-сүрөт – Хром каптоосунун лазердик түстүү белгиси

Илимий изилдөөлөрдүн натыйжасында алынган түрдүү түс диапазондору лазердик кайра иштетүү тармагында ар кандай химиялык реакциялар болуп жатканын көрсөтүп турат. Бул жыйынтык эки сыналган хром капталган үлгүлөрүнүн ар кандай жылуулук-физикалык көрсөткүчтөрү менен берилген деп айтууга болот.

Алынган натыйжаларды талдап, хромдолгон жез үлгүсүн иштетүүдө ылдамыраак ысытуунун жана интенсивдүү жылуулукту кетирүүнүн эсебинен хромдолгон болоттун үлгүсүн лазердик иштетүүнүн окшош параметрлери менен алынган түстүү сүрөттөрдөн айырмаланган түстүү сүрөттөр алынгандыгын айтууга болот. Болот жезге салыштырмалуу жай ысытуу жана муздатуу убактысына ээ. Термофизикалык мүнөздөмөлөр температура талаасынын пайда болушуна жана ошого жараша химиялык реакциянын узактыгына таасирин тийгизет, анын натыйжасында ар кандай калыңдыктагы оксид үлбүрөгү пайда болот. Үлбүрөктүн калыңдыгы химиялык реакциянын интенсивдүүлүгүнө, ал эми интенсивдүүлүгү жылуулук таасир эткен чөлкөмдүн жана лазердин таасири тийген аймактын табына жараша болот.

Жүргүзүлгөн изилдөөлөр көрсөткөндөй, 6-таблицада көрсөтүлгөн лазердик белгилөө параметрлерин колдонуу менен, колдонулган үлгүлөр изилденип жаткандарга дал келген шартта, 9-сүрөттө берилген түстүү сүрөттөрдүн репродукциясы алынган.

6-жадыбал – Прототиптер үчүн лазердик белгилөө шарттамдары

Сегменттин номуру	Растрлар аралыгы мм	Өтүү ылдамдыгы, мм/с	Өтүү саны	Лазердик нурлануунун кубаттуулугу, % (20 Вт баштап)	Импульс жыштыгы, кГц	Дефокус көлөмү
1	0,01	50	1	35	20	0
2	0,01	50	3	30	20	0
3	0,01	100	2	40	20	0
4	0,01	500	1	95	100	5
5	0,01	500	1	95	100	3
6	0,01	500	1	95	100	2
7	0,01	500	1	95	100	1
8	0,01	500	1	95	100	0

Конкреттүү бир материал үчүн ар кандай таасир энергиясын колдонуу жана кайталануу коэффициентин өзгөртүү аркылуу түстүү белгилөөнүн бирдей үлгүлөрүн алууга жана, тескерисинче, бир материалдагы лазер нурунун так параметрлерин билүү менен түс гаммасынын ар кандай түсүн алууга болот. Бул учурда, түстөрдү аныктоо атайын машина көрүү программасы аркылуу ишке ашырылган.

Түстөр NCS (Natural Color System) түс шкаласынын жардамы менен аныкталган. Бул учурда, NCS боюнча баштапкы түс менен 12 мегапикселдик резолюциядагы кесипкөй камера тарабынан жазылган түстүн ортосунда салыштыруу жүргүзүлдү.



9-сүрөт – 08 болоттон жана L63 жезден жасалган хромдолгон беттерде алынган түстүү сүрөттөрдүн репродукциясы

Иштин жүрүшүндө алынган маалыматтар JavaScript программалоо тилинде лазердик орнотуу үчүн программалык камсыздоону жазуу үчүн колдонулган. Программанын максаты - лазердик машинанын операторуна ар кандай материалдар үчүн параметрлерди тандоодо жана алар боюнча түстүү сүрөттү алууда жардам берүү.

Мындай программанын болушу металл беттерине түстүү белгилерди колдонуу ишин жөнөкөйлөштүрүп, лазердик жабдуулардын операторлорунун өндүрүмдүүлүгүн жогорулата алат. Программалык камсыздоо бул иш учурунда алынган үлгүлөргө жана түскө сүрөттөрдү колдонуу үчүн колдонулган лазердик белгилөө параметрлеринин маалымат базасы. Колдонмонун милдети материалда алынышы керек болгон тандалган түскө жараша тандалган металл үчүн лазер нурунун параметрлерин камсыз кылуу болуп саналат.

Полученные в ходе работы данные использованы для написания программного обеспечения для лазерной установки на языке программирования JavaScript. Целью программы является помощь оператору лазерного станка в подборе параметров для различных материалов и получении на них цветного изображения.

КОРУТУНДУ

1. Термикалык импульстук лазердин таасири астында металлдын бетине оксид пленкаларынын фазалык курамынын түстүү оксиддик структуралардын пайда болуу диапозонундагы таасирин изилдөө пленкалардын түстөрүнүн өзгөрүшү темир оксиддеринин масса үлүшүнүн өзгөрүшүнө негизинен туура келерин көрсөттү. Оксиддик

пленкалардагы жаракалардын пайда болушунун электрондук микроскопиясын изилдөөдө лазердик нурлануунун айрым параметрлеринде үлгүлөрдүн бетинде жаракалардын тармагы пайда болоору аныкталган, аны $\times 7000$ чоңойтуудан баштап байкоого болот. Жарык тармагы 400...500 нм/сек нурлардын алдын ала ылдамдыкта жана 0,005 мм нур ашууларынын ортосундагы аралыкта түзүлгөн. Кайталанган нурдун өтүшү да үлгүлөрдүн бетинде жаракалардын пайда болушуна өбөлгө түзгөн.

2. Дат баспас болоттон жасалган беттеги түстүү сүрөттөргө термикалык импульстук лазердик таасирден түзүлгөн татаал регулярдуу рельефтин микрогеометриясынын таасири белгиленген: дат баспас болоттун бетиндеги регулярдуу рельефтин бузулууларынын тереңдигинин өзгөрүшү беттик боёктун түсүн толугу менен өзгөртөт; бул учурда оройлуктун параметрлери $Ra = 0,261 \dots 0,167$ мкм жана $Rz = 3,063 \dots 1,870$ мкм диапазондо өзгөргөн.

3. 08 болоттон жана L63 жезден жасалган RAL шкаласы боюнча бир катар карама-каршы топторго жана хромдолгон беттерге туура келген дат баспас болоттун бетинде көрсөтүлгөн түстөрдү алуу үчүн жылуулук лазердик экспозиция режимдери аныкталган. Изилдөөнүн жүрүшүндө алынган маалыматтардын негизинде капталган металл үлгүлөрүн лазердик иштетүүдө алынган натыйжалардын маалымат базасы менен иштөө программасы иштелип чыккан.

ЖАРЫЯЛАНГАН ЭМГЕКТЕРДИН ТИЗМЕСИ

1. Наумова М.Г. Металл бетинде түстүү сүрөттөрдүн башкарылуучу түзүлүшүн түзүү мүмкүнчүлүктөрүн феноменологиялык изилдөө / И.Г. Морозова, М.Г. Наумова // NUST MISIS студенттеринин жана аспиранттарынын илимий эмгектеринин жыйнагы. – 2016 Киров. - Менен. 54-58,5С. Кирүү режими: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27361421>
2. Наумова М.Г. Металл буюмдарын жана шаймандарды өндүрүү үчүн эффективдүү лазердик технологиялар / Л.М. Глухов, С.М. Горбатюк, М.Г. Наумова, И.Г. Морозова // Металлург. – 2016. – Т. 60, 3-бас. – б.1-6С. Кирүү режими: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35526423>
3. Наумова М.Г. Жогорку концентрацияланган энергия булагы менен металлдын бетинде түс белгисинин пайда болушу / С.М. Горбатюк, М.Г. Наумова, И.Г. Морозова // Металлург. – Сентябрь 2016. – Т. 60, 5Р чыгарылыш. – 646-650 5С. Кирүү режими <https://elibrary.ru/item.asp?id=30994256>
4. Наумова М.Г. Металл буюмдарын жана шаймандарды өндүрүүнүн эффективдүү лазердик технологиялары / Л.М.Глухов, С.М.Горбатюк,

М.Г.Наумова, И.Г. Морозова // Металлург журналы. – №3 2016. – б. 80-85 5С. Кируу режими: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26505312>

5. Наумова М.Г. Жогорку концентрацияланган энергия булагын пайдалануу менен металлдын бетинин түстүү белгисин түзүү / С.М. Горбатюк, И.Г. Морозова, М.Г. Наумова // Металлург журналы. – 2016 – №6 – б. 91-94, 4С. Кируу режими: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26527002>

6. Болоттарды термикалык иштетүүдө реиндустриалдаштыруу принциптери / С.М. Горбатюк, М.Г. Наумова, И.Г. Морозова // Котормодо болот. – № 5, 2017. – Т. 47, б. 308-312 5С. Кируу режими: <https://link.springer.com/article/10.3103/S0967091217050047>

7. Наумова М.Г. Штампык болотторду термикалык иштетүү өндүрүшүн реиндустриалдаштыруу процессинин жумушчу моделин иштеп чыгуу / Горбатюк С.М., Морозова И.Г., Наумова М.Г. // Жогорку окуу жайларынын кабарлары. Кара металлургия. 2017. Т. 60. № 5, ISSN 0368-0797, стр. 410–415. Кируу режими: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29197735>

8. Наумова М.Г. Металл бетинин топологиясына жана түс гаммасына лазердик нурлануу параметрлеринин таасири / М.Г. Наумова, В.А. Наговицын, И.Г. Морозова // NUST MISIS студенттеринин жана аспиранттарынын илимий эмгектеринин жыйнагы. – 2017 – Киров. - Менен. 37-40, 4С. Кируу режими: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28992018>

9. Наумова М.Г. Лазердик нурлануу менен иштетилген болоттун бетинин сапаттуу рентген-спектралдык анализи / М.Г. Наумова, А.А. Сафронова // NUST MISIS студенттеринин жана аспиранттарынын илимий эмгектеринин жыйнагы. – 2018, – Киров. - Менен. 108-111, 4С. Кируу режими: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32711032>

10. Наумова М.Г. Лазердик жылуулук менен иштетүүнүн таасири астында анын беттик топологиясынын өзгөрүшүнүн негизинде жез эритмесинин маркировкасын түзүү / И.Г. Морозова, М.Г. Наумова, А.Ю. Зарапин, П.В. Борисов // Металлург журналы. – 2018 – № 5 – 4С. Кируу режими: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35000814>

11. Наумова М.Г. Лазердик жылуулук менен дарылоону колдонуу менен анын беттик топологиясын өзгөртүү аркылуу жез эритмесин белгилөө / И.Г. Морозова, М.Г. Наумова, А.Ю.Зарапин, П.В. Борисов // Металлург, – 2018. – 62(5-6). - Менен. 464-469 6С. Кируу режими: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35748513>

12. Наумова М.Г. ЧТПЗ ПАОнун шартында түтүктүү буюмдарды өндүрүүнүн технологиялык процессин автоматташтыруу үчүн лазердик белгини колдонуу / М.Г. Наумова, П.В. Борисов // NUST MISIS

студенттеринин жана аспиранттарынын илимий эмгектеринин жыйнагы.
– 2018 – Киров. - Менен. 112-115, 4С. Кирүү режими:
<https://elibrary.ru/item.asp?id=32711033>

13. Наумова М.Г. Берилген маркалоодо башкарылуучу түстүү сүрөттөлүштү түзүү үчүн гальваникалык хром каптоо процессинин түстүү лазердик маркалоо процессинин өзгөчөлүктөрүн изилдөө. / М.Г. Наумова, И.Г. Морозова, П.В. Борисов // Бүгүнкү материалдар: Материалдар: Өндүрүш технологиялары жана жабдуулары боюнча заманбап тенденциялар боюнча эл аралык конференция. – 2019. – Т. 19. – 2405-2408-б. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.08.044>. Кирүү режими: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43249538>

14. Наумова М.Г. Лазердик белгилөө менен алынган түстүү сүрөтү бар металлдын бетин изилдөө / И.Г. Морозова, М.Г. Наумова, П.В. Борисов // Конференциялык Протокол "Индустриялык инженерия, тиркемелер жана өндүрүштүк конференция (ICIEAM). КМШ темир жана болоттон жасалган. - том. - 4-б. ova, п.а. chichenev. // КМШ темир жана болоттон жасалган. - 2020. - DOI. - DOI.

15. Наумова М.Г. Лазердик катуулануу процесстерин сүрөттөө үчүн окшоштук теориясын колдонуу. / Н.А.Чиченев, С.М. Горбатюк, М.Г. Наумова, И.Г. Морозова // – 2020. – КМШнын темир жана болот боюнча баяндамасы. – Т. 19. – 44-47-бб. – DOI: <https://doi.org/10.17580/cisistr.2020.01.09>. Кирүү режими: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45443759>

16. Наумова М.Г. Металл бетинин түсүнө лазердик дарылоо режимдеринин таасири. / С.М. Горбатюк, И.Г. Морозова, М.Г. Наумова, Чиченев Н.А. // КМШнын темир жана болот боюнча баяндамасы. – 2020. – Т. 20. – 37-40-б. – DOI: <https://doi.org/10.17580/cisistr.2020.02.09>. Кирүү режими:

17. Наумова М.Г. Берилген лазердик белгилөөнүн натыйжасында пайда болгон 12Kh18N10T болоттун бетиндеги оксид пленкаларынын сапаттык фазалык анализи. / И.Г. Морозова, М.Г. Наумова, В.А. Наговицын, Р.Ю. Казбеков // Металлург, –2023. – Т. 67. – № 2, 63-69-б. – DOI: https://doi.org/10.52351/00260827_2023_02_63. Кирүү режими: <https://elibrary.ru/item.asp?id=61896929>

18. Наумова М.Г. Лазердик белгилөөнүн натыйжасында пайда болгон 12X18N10T болоттун бетиндеги оксид пленкаларынын сапаттык фазалык анализи/ И.Г. Морозова, М.Г. Наумова, В.А. Наговицын, Р.Ю. Казбеков // Металлург. – 2023. – № 2. – Б. 63-69. – DOI [10.52351/00260827_2023_02_63](https://doi.org/10.52351/00260827_2023_02_63). Кирүү режими: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50285189>

Наумова Маргарита Геннадьевнанын 02.05.08 – «Машина куруу технологиясы» адистиги боюнча техника илимдеринин кандидаты илимий даражасын алуу үчүн сунушталган «Металл буюмдарын түстүү сүрөттөрдү калыптандыруу аркылуу маркалоонун сапатын жакшыртуучу лазердик технологияны иштеп чыгуу» деген темадагы диссертациясынын

РЕЗЮМЕСИ

Түйүн сөздөр: лазер, роботтук белгилөө, контрафакттан коргоо, түстүү лазердик белгилөө, дат баспас болот, хром каптоо, микроструктура, түрдүү түстөгү үлгүлөр.

Изилдөө объектиси болуп болоттон жана түстүү металлдардан жасалган беттер, анын ичинде ар кандай параметрлер менен лазердик белгилөөнүн натыйжасында ар кандай түскө боёлгон жабуулар саналат.

Изилдөөнүн максаты - металл бетинде түстүү сүрөттөрдү түзүү үчүн лазердик иштетүү режимдерин изилдөөнүн жана иштеп чыгуунун негизинде металлургиялык продукцияны түстүү лазер менен белгилөө процессин өркүндөтүү болуп саналат.

Изилдөө ыкмалары: металлографиялык экспертиза, рентген-спектралдык анализ, секанттык метод, феноменологиялык метод. Жабдуулар: импульстук була лазері HansLaserMars; жарык оптикалык микроскоп AxioObserver D1m оптикалык микроскоп UnionVersamed 2; көп функционалдуу рентген дифрактометр Ригаку; электрондук сканерлөөчү микроскоп TESCAN VEGA3 SB.

Алынган натыйжалар жана алардын жаңылыгы: түстүү сүрөттөрдү колдонуу үчүн жабдууларды тандоо негиздүү. Фазалык составдын жана оксид пленкаларындагы жаракалардын пайда болушунун металлдын бетине тийгизген таасири изилденген. Дат баспас болоттун бетиндеги түстүү сүрөттөргө термикалык импульстук лазердик нурлануу астында пайда болгон татаал регулярдуу беттик рельефтин микрогеометриясынын таасири аныкталды. Дат баспас болоттон жасалган бетинде көрсөтүлгөн түстөрдү алуу үчүн жылуулук лазердик нурлануу режимдери аныкталган. Капталган металл үлгүлөрүн лазердик иштетүүдө алынган натыйжалардын маалымат базасы менен иштөө үчүн программа иштелип чыккан

РЕЗЮМЕ

диссертация Наумовой Маргариты Геннадьевны на тему: «Разработка лазерной технологии, повышающей качество маркировки металлической продукции путем формирования на ней цветных изображений» представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08 – «Технология машиностроения»

Ключевые слова: лазер, роботизированная маркировка, защита от подделок, цветная лазерная маркировка, нержавеющая сталь, хромистое покрытие, микроструктура, разноокрашенные образцы.

Объект исследования - поверхности из стали и цветных металлов, в том числе покрытия, окрашенные в различные цвета в результате лазерной маркировки с различными параметрами.

Цель исследования – совершенствование процесса цветной лазерной маркировки металлургической продукции на основе исследования и разработки режимов лазерной обработки с целью формирования цветных изображений на металлической поверхности.

Методы исследований: металлографическое исследование, рентгенноспектральный анализ, применен метод секущих, феноменологический метод. Оборудование: импульсный волоконный лазер HansLaserMars; световой оптический микроскоп AxioObserver D1m; оптический микроскоп UnionVersamed 2; многофункциональный рентгеновский дифрактометр Rigaku; электронный сканирующий микроскоп TESCAN VEGA3 SB.

Полученные результаты и их новизна: обоснован выбор оборудования для нанесения цветовых изображений. Изучено влияние фазового состава и трещенообразование в оксидные пленки на поверхности металла. Выявлено влияние микрогеометрии сложного регулярного рельефа поверхности, сформированного при термическом импульсном лазерном воздействии на цветные изображения на поверхности нержавеющей стали. Определены режимы термического лазерного воздействия для получения заданных цветов на поверхности нержавеющей стали. Разработана программа для работы с базой данных полученных результатов при лазерной обработке металлических образцов с покрытием.

SUMMARY

of the dissertation of Margarita Gennadyevna Naumova on the topic: "Development of laser technology that improves the quality of marking of metal products by forming color images on them" submitted for the degree of candidate of technical sciences in the specialty 05.02.08 - "Mechanical engineering technology"

Keywords: laser, robotic marking, protection against counterfeiting, color laser marking, stainless steel, chromium coating, microstructure, multi-colored samples.

Object of the study - surfaces made of steel and non-ferrous metals, including coatings painted in different colors as a result of laser marking with different parameters.

The aim of the study is to improve the process of color laser marking of metallurgical products based on the research and development of laser processing modes in order to form color images on a metal surface.

Research methods: metallographic examination, X-ray spectral analysis, the intercept method, the phenomenological method were applied. Equipment: pulsed fiber laser HansLaserMars; light optical microscope AxioObserver D1m; optical microscope UnionVersamed 2; multifunctional X-ray diffractometer Rigaku; electron scanning microscope TESCAN VEGA3 SB.

The results obtained and their novelty: the choice of equipment for applying color images is substantiated. The influence of the phase composition and crack formation in oxide films on the metal surface is studied. The influence of the microgeometry of the complex regular surface relief formed by thermal pulsed laser action on color images on the surface of stainless steel is revealed. The modes of thermal laser action are determined to obtain the specified colors on the surface of stainless steel. A program is developed for working with a database of the results obtained during laser processing of coated metal samples.



Наумова Маргарита Геннадьевна

Разработка лазерной технологии, повышающей качество маркировки
металлической продукции путем формирования на ней цветных
изображений

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук
Подписано в печать __.04.2025

Формат 60x84 /26. Объём 1.5 п. л. Тираж 100 экз.
Издательство: ИМАГ НАН КР, Бишкек