

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ВА
ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ФАН
ДОКТОРИ ИЛМИЙ ДАРАЖАСИНИ БЕРУВЧИ 14.07.2016 FM / Т.02.02
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

НОРХУДЖАЕВ ФАЙЗУЛЛА РАМАЗАНОВИЧ

**МЕТАЛЛ ҚАТЛАМЛИ КОМПОЗИЦИЯЛАРНИ ИШЛАБ
ЧИҚАРИШ ВА ТЕРМИК ИШЛОВ БЕРИШНИНГ НАЗАРИЙ ВА
ТЕХНОЛОГИК АСОСЛАРИНИ ЯРАТИШ**

**05.02.01 – Машинасозликда материалшунослик. Қуймачилик. Металларга термик ва
босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва ноёб металлар металлургияси
(техника фанлари)**

ДОКТОРЛИК ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

ТОШКЕНТ – 2016

Докторлик диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата докторской диссертации

Content of the abstract of doctoral dissertation

Норхуджаев Файзулла Рамазанович

Металл қатламли композицияларни ишлаб чиқариш ва термик
ишлов беришнинг назарий ва технологик асосларини яратиш..... 3

Норхуджаев Файзулла Рамазанович

Разработка теоретической и технологической основы производства
и термической обработки металлических слоистых композиций..... 27

Norxudjaev Fayzulla Ramazanovich

Development of theoretical and technological basis of production and
thermal treatment of metal layered compositions..... 51

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works..... 72

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ВА
ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ФАН
ДОКТОРИ ИЛМИЙ ДАРАЖАСИНИ БЕРУВЧИ 14.07.2016 FM / Т.02.02
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

НОРХУДЖАЕВ ФАЙЗУЛЛА РАМАЗАНОВИЧ

**МЕТАЛЛ ҚАТЛАМЛИ КОМПОЗИЦИЯЛАРНИ ИШЛАБ
ЧИҚАРИШ ВА ТЕРМИК ИШЛОВ БЕРИШНИНГ НАЗАРИЙ ВА
ТЕХНОЛОГИК АСОСЛАРИНИ ЯРАТИШ**

**05.02.01 – Машинасозликда материалшунослик. Қуймачилик. Металларга термик ва
босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва ноёб металлар металлургияси
(техника фанлари)**

ДОКТОРЛИК ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

ТОШКЕНТ – 2016

Докторлик диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида 30.09.2014/В2014.5.Т312 рақам билан рўйхатга олинган.

Докторлик диссертацияси Тошкент давлат техника университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз) веб-саҳифанинг www.tdtu.uz ҳамда «ZiyoNet» ахборот-таълим портали www.ziyo.net манзилларига жойлаштирилган.

Расмий оппонентлар:

Рискулов Алимжон Ахмаджонович
техника фанлари доктори, профессор

Михридинов Рискидин Михридинович
техника фанлари доктори, профессор

Абдуллаев Фатхулла Сагдуллаевич
техника фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот:

“Агрегат заводи” акционерлик жамияти

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат техника университети ва Ўзбекистон Миллий университети ҳузуридаги 14.07.2016 FM / Т.02.02 рақамли Илмий Кенгашнинг 2016 йил “___” _____ кунини соат _____ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил, 100095, Тошкент шаҳри, Университет кўчаси, 2-уй. Тел/факс (99871) 227-10-32, e-mail: tadqiqotchi@tdtu.uz).

Докторлик диссертацияси билан Тошкент давлат техника университети Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (___ рақам билан рўйхатга олинган). Манзил, 100095, Тошкент шаҳри, Университет кўчаси, 2-уй. Тел/факс (99871) 227-10-32.

Диссертация автореферати 2016 йил «___» _____ кунини тарқатилди.
(2016 йил «___» _____ даги _____ рақамли реестр баённомаси).

К. А. Каримов
Фан доктори илмий даражасини берувчи
илмий кенгаш раиси, т.ф.д., профессор

Н. Д. Тураходжаев
Фан доктори илмий даражасини берувчи
илмий кенгаш котиби, т.ф.н., доцент

Р. М. Михридинов
Фан доктори илмий даражасини берувчи
илмий кенгаш қошидаги илмий семинар
раиси, т. ф. д., профессор

КИРИШ (Докторлик диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Дунёда ўттиздан ортиқ мамлакатларда металл қатламли композицияларни яратиш бўйича илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Металларга ишлов бериш станокларнинг тезлигининг ўн марталаб ортиши (3500- 50000 айл/мин), деталларга механик ишлов беришда уларга таъсир этадиган зўриқиш кучларнинг ортиши асбоб-ускуна ва деталлар сифатига бўлган талабларнинг ҳам ортишига олиб келмоқда. Бу эса ўз навбатида деталь тайёрланадиган материалларнинг юқори эксплуатацион хоссаларга эга бўлишини талаб қилмоқда. Статистик маълумотларга кўра ҳар йили юқори сифатли материал ишлаб чиқиш учун 5-6 млрд. АҚШ доллари, жумладан Европа ва МДХ давлатларида 1-2 млрд. доллар, саноати юқори даражада ривожланган мамлакатларда 4-5 млрд. доллар маблағ сарф этилмоқда. Ҳозирги замон шароитида ишлаб чиқаришнинг интенсивлашуви сифатли буюмларни ишлаб чиқаришда юқори механик хоссаларга эга металл ва нometall композицияларни ишлаб чиқиш муҳим вазифалардан бири бўлиб қолмоқда.

Мустақиллик йилларида мамлакатимизда юқори сифатли ва жаҳон бозорида рақобатбардош бўлган машинасозлик маҳсулотлари ишлаб чиқаришга алоҳида эътибор қаратилди. Бу борада соҳани ривожлантириш, унинг маҳсулотларини сифат жиҳатидан замон талабларига жавоб берадиган даражага олиб чиқиш, ишлаб чиқарилаётган машина ва механизмларнинг, аппарат ва жиҳозларнинг ишончлилигини, хавфсизлигини ва хизмат муддатини ошириш учун улар тайёрланадиган материалларнинг сифатини ошириш борасида сезиларли натижаларга эришилди.

Бугунги кунда республикамызда ишлаб чиқарилаётган материалларнинг янги таркибини яратиш, самарадор ва иқтисодий жиҳатдан такомиллашган қуймакорлик усулида маҳсулотларни олиш технологияси орқали халқ хўжалигини кўрсаткичларини ошириш муҳим аҳамият касб этмоқда. Бу борада мақсадли илмий - тадқиқотларни, жумладан қуйидаги йўналишлардаги илмий изланишларни амалга ошириш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади: маҳсулот сифатини таъминлай оладиган махсус металл қатламли композициялардан фойдаланиш орқали композицион материаллар яратиш; металл қатламли композицияларни олиш технологиясини ишлаб чиқиш; металл қатламли композицияларни мустаҳкамлигини ошишига ҳисса қўшадиган термик ишлов беришнинг назарий ва технологик асосларини такомиллаштириш; ноёб асбобсозлик материалларини иқтисод қилиш ва иш унумдорлигини ошириш имконини берадиган фан ва техниканинг сўнгги ютуқлари асосида энергия ва материал тежамкор янги металл қатламли композицияларни яратиш ва ишлаб чиқариш. Юқорида келтирилган илмий - тадқиқотлар йўналишида бажарилаётган илмий изланишлар мазкур диссертация мавзусининг долзарблигини изоҳлайди.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2014 йил 4 февралдаги ПҚ-2120-сон «2014 – 2016 йилларда тайёр маҳсулот, қисмлар ва материаллар ишлаб чиқарилишини маҳаллийлаштиришни чуқурлаштириш дастури» ва

2015 йил 11 февралдаги ПҚ –2298-сон «2015-2019 йилларда тайёр маҳсулот, ташкил қилувчи буюмлар ва материалларни ишлаб чиқаришнинг маҳаллийлаштиришни чуқурлаштириш дастурига қўшимчалар киритиш»даги Қарорларида ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига боғлиқлиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг II. «Энергетика, энергия ва ресурс-тежамкорлик» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи¹.

Металл қатламли композициялар ишлаб чиқариш ва термик ишлов бериш технологиясини такомиллаштиришга йўналтирилган илмий изланишлар жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасалари, жумладан, U. S. Smelting Refining and Mining Co (АҚШ), Тойо Ко уе Хиросима, Рейкин пистон оф Токио ва Cubota Iron and Mashinaru (Япония), Украина Фанлар академияси қошидаги Қуймакорлик муаммоси институти, Украина Фанлар академияси қошидаги Азовмаш ишлаб чиқариш бирлашмаси, Қаттиқ қотишмалар илмий-тадқиқот институти (Россия) ва Тошкент давлат техника университети (Ўзбекистон Республикаси) томонидан олиб борилмоқда.

Металл қатламли композициялар ишлаб чиқариш ва уларга термик ишлов бериш технологиясини такомиллаштиришга оид жаҳонда олиб борилган тадқиқотлар натижасида қатор, жумладан, қуйидаги илмий натижалар олинган: хизмат муддати юқори бўлган қаттиқ қопламали деталь ва асбобларни олиш технологияси ишлаб чиқилган (U. S. Smelting Refining and Mining Co фирмаси, АҚШ; Тойо Ко уе Хиросима ва Рейкин пистон оф Токио фирмалари Япония); марказдан қочма куч асосида металл қатламли валикларни олиш технологияси ишлаб чиқилган (Cubota Iron and Mashinaru фирмаси, Япония); металл қатламли композитни қуйиш технологияси ишлаб чиқилган (Қуймакорлик муаммоси институти, Украина); кўп қатламли штамп қуймасини олиш технологияси ишлаб чиқилган (Азовмаш ишлаб чиқариш бирлашмаси, Россия); юқори ҳароратларда ишлай оладиган эвтектик қотишма таркиби ишлаб чиқилган (Қаттиқ қотишмалар илмий-тадқиқот институти, Россия); енгил вазнли композитлар асосидаги буюмларга қаттиқ қотишмали қоплама бериш технологияси ишлаб чиқилган (Тошкент давлат техника университети, Ўзбекистон).

Дунёда металл қатламли композицияларнинг таркиби ва технология-

¹ Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи www.okorrozii.com/zashitnpokrt.html (2000-2015); www.pokritiemetalla.ru (2005-2016); www.chem-astu.ru/chair/study/genchem/r8_3.htm (2006-2016); www.tydexoptics.com/ru/materials/coatings/mccoatings/ (2000-2016); www.stroitelstvo-new.ru/metal/; Founderiefoun-dene danjord'hue (1984-2010); International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and technology (2006 -2016); Металловедение и термическая обработка (2000 – 2016); Structure and fatigue crack resistance of multilayer materials produced by explosive welding// Advanced Materials Research (2010-2015) ва бошқа манбалар асосида ишлаб чиқилган.

сини ишлаб чиқиш ва уларга термик ишлов бериш технологиясини такомиллаштириш бўйича қатор, жумладан, куйидаги устувор йўналишларда тадқиқотлар олиб борилмоқда: металл қатламли композицияларни ишлаб чиқаришнинг янги технологиясини ишлаб чиқиш, металлларга термик ишлов беришнинг назарий ва технологик асосларини яратиш; кўп компонентли металл тизимларининг шаклланиш механизмларини аниқлаш; берилган технологик ва эксплуатацион хоссаларга эга кўп компонентли композицион материал олишнинг илмий асосини ишлаб чиқиш.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Дунё тажрибасида металл қатламли композицияларни ишлаб чиқиш ва уларга термик ишлов бериш технологиялари яратилган.

Дунёнинг етакчи олимлардан М. М. Кане, М. К. Stibel, Y. I. Kotrin, W. L. Keen илмий - тадқиқот ишлари металл қатламли композициялар ишлаб чиқиш орқали юқори мустаҳкамликка эга бўлган детал олишга бағишланган. Улар томонидан икки қатламли прокат валикларини марказдан қочма қуймакорлик усулида олиш технологияси ишлаб чиқилган, лекин бу усулда биринчи қатламни иккинчи металл порцияси таъсирида эриши кузатилган.

С. А. Goma ва Р. Р. Beiss лар хизмат муддати юқори бўлган қаттиқ қопламали деталь ва асбобларни олиш ҳамда металл қатламли валикларни қуймакорликнинг марказдан қочма усулида олиш технологияларини ишлаб чиқишга эришишганлар. Улар биметалл заготовкларни олишда қуйманинг биринчи қатламида кристалланган металл суюқланиб кетиш механизмини аниқлашган. Мустақил давлатлар ҳамдўстлиги мамлакатлари олимлари томонидан металл қопламли композит материал яратиш ва металл қатламли композит олишда қотишмаларни қуйиш технологияси ишлаб чиқилган (А. А. Нагайцев, Ю. В. Шевакин, В. Н. Пигузова, И. И. Новиковлар ва бошқалар). Қуйма биметалл композициялар олиш технологияси ва бу композицияларда ейилишга чидамли қопламалар ҳосил қилиш учун янги таркиб ишлаб чиқилган (В. В. Чекуров ва М. Н. Галяутдинов, Н. Х. Бекмурзаев, С. Д. Нурмурадовлар). Янги композицион материалнинг металл қопламасини мустаҳкамлигини термик усулда ошириш технологиясини ишлаб чиқилган.

Металл қатламли композицияларни яратиш ва қўллаш соҳасида кўплаб илмий натижаларга эришилишига қарамай, ҳали ечимини топмаган муаммолар талайгина. Жумладан, металл қатламли композицияларни ишлаб чиқариш ва унга термик ишлов беришнинг назарий ва технологик асослари яратилмаган. Ушбу ҳолатни “квазияримкристалл суюқ қотишма – қаттиқ қўйма” тизимида суюқ қотишманинг квазияримкристаллиги ва диффузия механизмини эътиборга олиб, металл қатламли композициялар шаклланишида кузатиш мумкин.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат техника университетининг илмий-тадқиқот ишлари режасининг П- 4.1.8.2 « Ерни кесувчи буюмларнинг юзасида ейилишга чидамли структура олиш технологияси ва уни термик ишлов бериш билан пухталаш» мавзусида амалий лойиҳа (1997 – 1999), П - 3.5

«ТВБ 135А туридаги ерга ишлов берувчи ишчи органлар учун металл қатламли композицияларни олиш ва термик ишлов бериш технологиясини ишлаб чиқиш» мавзусидаги амалий лойиҳа (1999–2001) ҳамда 15–012 «Машинасозликда ишлатиладиган асбоб ва деталларни юзасига иссиқ ҳолда пресслаш усули билан ейилишга чидамли қопламалар қоплаш технологиясини ишлаб чиқиш» (2009–2011) мавзусидаги амалий лойиҳа доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади юқори мустаҳкамликка эга бўлган металл қатламли композициялар ишлаб чиқариш ва термик ишлов беришнинг назарий ва технологик асосини яратиш.

Тадқиқотнинг вазифалари:

юқори мустаҳкамликка эга бўлган металл қатламли композициялар ишлаб чиқиш;

металл қатламли композицияларга термик ишлов беришнинг назарий ва технологик асосини яратиш ва такомиллаштириш;

квазияримкристалл суюқ қотишма — қаттиқ қўйма тизимида суюқ қотишманинг квазияримкристаллиги ва диффузия механизмини эътиборга олиб, металл қатламли композицияларнинг шаклланиш механизмини аниқлаш;

материалнинг эксплуатацион хоссаларини ошириш учун термик ишлов бериш технологиясини ишлаб чиқиш;

металл қатламли композицияларнинг модели газга айланувчи қуймакорлик усулида олишнинг технологиясини ишлаб чиқиш;

металл қатламли композициялар ишлаб чиқариш технологиясини амалий ва иқтисодий томонларини аниқлаш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида асбобсозлик пўлатлар, қуймакорлик конструкцион пўлатлар, молибден ва унинг қотишмалари, қаттиқ қотишмалар ва ўз-ўзини флюсловчи материаллар олинган.

Тадқиқотнинг предмети оптимал таркиб ва юқори мустаҳкамликка эга бўлган асбобларни ишлаб чиқариш технологиясига эга бўлган металл қатламли композициялар ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертацияда замонавий назарий ва экспериментал усуллари (макро- ва микро ҳамда рентген таҳлиллари ва бошқалар) танланган. Металл қатламли композициялар ва буюмларнинг мутаҳкамлик ва физик — механик тавсифномаларини аниқлашда давлат стандарти қўлланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагиларидан иборат:

металл қатламли композицияларни олиш технологияси ишлаб чиқилган;

металлнинг кристалланиш жараёнида ички зўриқиш кучлари юзага келишини ифодаладиган аналитик усул такомиллаштирилган;

юқори зарбий қовушқоқликка эга бўлган металл қатламли композицияларнинг оптимал таркиби ишлаб чиқилган;

суяқ қотишмани квазияримкристаллиги ва диффузия механизмини эътиборга олган ҳолда металл қатламли композицияларнинг шаклланиш механизми аниқланган;

металл қатламли композицияларнинг термик ишлов бериш режимлари ишлаб чиқилган;

металл қатлам ва нометалл композицияларнинг композициядаги оралик қатлам қалинлигига нисбатан функционал боғлиқлиги кўрсатилган.

Тадқиқотнинг амалий натижаси. Металлга ишлов берувчи, ерга ишлов берувчи ва бурғилаш асбобларини металл қатламли композициялар асосида ишлаб чиқариш тавсия этилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги аниқ қўйилган металл қатламли композицияларини ишлаб чиқариш ва термик ишлов бериш масалаларига, уларнинг иссиқлик физикаси жараёнларини математик моделлаштиришда ва уларни сонли ечишда маълум бўлган услуб ва алгоритмларга ҳамда назарий йўл билан олинган натижаларни тажриба натижалари билан таққослаш орқали изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти металл қатламли композицияларни олишда содир бўладиган физик жараёнларни математик моделлаштиришда ва уларни сонли ечишда фойдаланиш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти юқори самарага эга бўлган металл қатламли композицияларни ишлаб чиқариш ва термик ишлов беришни турли металлларга ишлов берувчи, ерга ишлов берувчи ва бурғилаш асбобларига қўллаш учун хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Металл қатламли композицияларни ишлаб чиқариш ва термик ишлов бериш технологиясини яратиш асосида:

машинасозликда ишлатиладиган асбоб ва деталларни юзасига иссиқ ҳолда пресслаш усули билан ейилишга чидамли қопламалар қоплаш технологияси «Муборакнефтьгаз» давлат унитар корхонасида асбоб ва деталларнинг хизмат муддатини ошириш учун қўлланилган («Ўзбекнефтьгазказибчиқариш» акциядорлик компаниясининг 2016 йил 26 октябрдаги 8/2-АК-778ж-сон маълумотномаси). Ишлаб чиқилган технологияни қўлланиши штамплаш асбобининг хизмат муддатини беш марта ошириш имконини берган;

металл қатламли композицияларнинг оптимал таркиби “Alutex” қўшма корхонасига асбоб ва деталларнинг механик хоссаларини ошириш учун татбиқ этилган («Alutex» қўшма корхонасининг 2016 йил 29 сентябрдаги 259-сон маълумотномаси). Ишлаб чиқилган ейилишга чидамли қоплама материалининг оптимал таркибининг қўлланиши металл қатламли композицияларнинг механик хоссаларини ошириш имконини берган;

штамплаш, металл қирқиш ва шакл бериш асбоблари учун биметалл композиция “Alutex” қўшма корхонасига асбоб ва деталларнинг мустаҳкамлигини ошириш учун татбиқ этилган («Alutex» қўшма корхонасининг 2016

йил 29 сентябрдаги 259—сон маълумотномаси). Ишлаб чиқилган биметалл композицияни қўлланилиши асбобларнинг мустаҳкамлигини 1,5 - 2 мартага ошириш имконини берган;

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 5 та илмий-амалий анжуманларда, жумладан, «Маҳаллий бойликлар, хом ашё ва ёқилғиларни ишлаш ва қайта ишлаш усуллари, янги технологик жараёнларни яратиш, ўзлаштириш ва уларни жиҳозлаш воситалари» (Тошкент, 1994); «Современные тенденции развития автомобилестроения в России» (Тольятти, Россия, 2004); «Высокие технологии и развитие высшего образования в XXI веке» (Ташкент, 2004); «Современные материалы, техника и технологии в машиностроении» (Андижан, 2014, 2016); «Машинасозлик техника ва технологияси: ҳолати ва келгуси тараққиёти» (Тошкент, 2016) мавзуларидаги республика ва халқаро илмий-амалий конференцияларда маъруза кўринишида баён этилган ҳамда апробациядан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 33 та илмий иш чоп этилган, шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 18 та мақола, жумладан, 15 таси республика ва 3 таси хорижий журналларда нашр этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, бешта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 200 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти асосланган, илмий ишнинг мақсади ва унга эришиш учун асосий вазифалари шакллантирилган, тадқиқот объекти ва предмети аниқланган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикаси фан ва технологиялар тараққиётининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, мавзунинг илмий янгилиги ва ҳимояга олиб чиқиладиган асосий амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг ишончлилиги, илмий ва амалий аҳамияти ёритилган, тадқиқот натижаларининг жорий қилинганлиги ҳақида ва диссертация тузилиши бўйича маълумот берилган.

Диссертациянинг «**Металл қатламли композициялар яратиш муаммоларининг замонавий ҳолати**» деб номланган биринчи бобида металл қатламли композициялар яратиш муаммоларининг замонавий ҳолати, металл қатламли композицияларни яратишнинг мавжуд технологиялари, қуйма металл қатламли композицияларини олиш, қуйма штампларнинг ишлаб чиқариш технологиясини ўрганиш ва таҳлил қилиш, металл композицияларини юзасини пухталаш технологиялари, модели газга айланувчи қуймакорлик усули, молибден қотишмаларининг замонавий техникадаги роли, кам легирланган, дисперс пухталанган ва юқори легирланган молибден қотиш-

малари ҳақида атрофлича шарҳ қилинган ва диссертация иши бўйича вазифалар қўйилган.

Қуйма металл композицияларини олишнинг асосий таҳлили берилган. Биметалл ва кўп қатламли қуймалар олишнинг қатор усуллари, уларнинг ютуғи ва камчиликлари кўриб чиқилган.

Илмий-техник ва патент адабиётлар таҳлили, модели газга айланувчи қуймакорлик усулининг нисбатан долзарб ва истиқболли эканлиги кўрсатди. Модели газга айланувчи қуймакорлик усулини металл қатламли композицияларни олишга қўллаш, металл қатламли композицияларини ишлаб чиқариш ва термик ишлов беришнинг илмий асосини ишлаб чиқишга имконият яради ва бу эса диссертация ишининг энг асосий вазифаларидан ҳисобланади.

Металл композицияларни юзасини пухталаш технологиясининг таҳлили қилинган. Ҳозирги вақтда қуймани олиш ёки кейинги ишлов бериш босқичида машина деталларининг узоққа чидамлилиги ва ейилишга чидамлилигини ошириш бўйича турли усуллари ишлаб чиқилган ва қўлланилиб келинмоқда. Сезиларли даражада чуқурликда ва керакли хоссага эга бўлган қопламалар олишни қуйманинг юзасини легирлашга қўллаш мақсадга мувофиқ бўлар эди.

Металл композицияларнинг юзасини пухталаш технологиясини ўрганиш ва таҳлил қилиш, биметалл ва юзаси легирланган қуймаларни олиш усуллари бошқа усулларга нисбатан охириги натижалар асосида ейилишга чидамлилиги бўйича устунликка эга эканлигини кўрсатди. Бундан ташқари, иккала усул ҳам технологик жиҳатдан содда ва иқтисодий жиҳатдан самаралидир. Айнан, шунинг учун деталь ва асбоблар юзасининг ейилишга чидамлилигини ошириш мақсадида кўп қатламли композицияларни қуймакорлик усулида олиш технологияси ўта муҳим истиқболли йўналишлардан бўлиб, ушбу диссертация ишининг асосларидан бирини ташкил этади.

Талаб этиладиган хоссага эга маълум мақсадларга йўналтирилган юқори самарали композиция ва буюмлар (деталь ва асбоблар) тайёрлашнинг ҳолати критик нуқтаи назардан, таҳлил қилинган ва металл қатламли композициялар ва улар асосидаги буюмлар шаклланишининг илмий асоси йўқлиги, уларнинг ишлаб чиқариш технологиялари ривожланишига тўсик бўлиши кўрсатилган.

Молибден қотишмаларининг хоссаси ва уларни қўллашнинг имкониятлари таҳлил қилинган. Қийин эрийдиган металларни юқори температурада пресслаш учун калибрловчи очко учун қўймаси (вставкаси) Mo-(W)-Ti-S системадаги эвтектик қотишмадан ва берилган геометрияда кириш участкаси пўлатдан тайёрланган йиғма матрицанинг ишлатилиши истиқболли ҳисобланади. Эвтектик қотишманинг камчилигига эритиш ва қуйма олиш технологиясининг юқори меҳнат ҳажми, мураккаблиги ва юқори энергия талаб қилиш ҳажмига эга эканлиги билан ажралиб туриши киради, қотишмани механик ишлов бериш жараёни эса кесувчи элементи ўта қаттиқ материаллардан тайёрланган махсус асбобларни талаб этади, бу эса ушбу қотишманинг самарали ишлатилишини камайтириб юборади. Шундан келиб чиққан ҳолда, молибден асосли эвтектик қотишманинг камчилигини бартараф

қиладиган Мо-TiC асосли янги қиздириб пиширилган кукун металлургияси усулида олинган қотишмани ишлаб чиқишни талаб этади.

Металл қатламли композицияларга термик ишлов бериш бўйича тадқиқотлар таҳлили шуни кўрсатдики, унда қўлланилган технологик режимлар турли хилдаги материалларнинг ўзига хос нисбатини эътиборга олмайди, бу эса термик ишлов бериш натижаларининг самарадорлигини камайтиради ва бу билан металл қатламли композицияларнинг потенциал имкониятларини тўлиқ ҳолда очиш имкониятини бермайди. Бу ўз навбатида легирланган асбобсозлик тезкесар пўлатлар, қаттиқ қотишмалар, қиздириб пиширилган ҳамда молибден қотишмалари - қуймакорлик конструкцион пўлатдан иборат бўлган металл қатламли композициялар структуралари ва хоссалари ўзгаришининг асосий қонуниятлари композициянинг асосий ташкил этувчи элементларини иссиқлик физикаси ва геометрик параметрларга боғлиқ равишда аниқлашни тақозо этади.

Молибден ва бошқа асбобсозлик қотишмалари асосидаги металл қатламли композицияларни яратишнинг илмий асосини тадқиқот қилиш зарурлигининг назарий асослари ҳамда уларнинг илмий-патент манбаларида таҳлили берилган эксплуатацион хоссаларга эга бўлган мақсадли йўналтирилган буюмларни олиш технологияларида қуйидаги долзарб вазифаларни келтириб чиқаради:

- суюқ қотишманинг квазияримкристаллиги ва “квазияримкристалл суюқ қотишма – қаттиқ қўйма (вставка)” тизимдаги диффузия механизмини ҳисобга олган ҳолда, металл қатламли композициялар шаклланишини тадқиқот қилиш;

- металл қатламли композицияларда иссиқлик физикаси жараёнлари, бирикма ва кучланиш шаклланишининг математик модели ишлаб чиқиш;

- берилган эксплуатацион тавсифномаларга эга бўлган мақсадга йўналтирилган буюмлар шаклланишининг илмий-услубий тамойилларини ишлаб чиқиш;

- турли мақсадларга йўналтирилган асбобларни модели газга айланувчи қуймакорлик усулида олинган металл қатламли композицияларга термик ишлов беришнинг ўзига хос технологиялари ҳамда юзасини борлаш ва бор-титанлашни қўллаб, ишлаб чиқаришнинг оригинал технологиясини ишлаб чиқиш.

Диссертациянинг **“Металл қатламли композициялар структурасининг шаклланишини тадқиқ қилиш объектлари ва усуллари танлаш”** деб номланган иккинчи бобида металл қатламли композицияларнинг тадқиқот қилиш усуллари, синаш ва термик ишлов бериш билан боғлиқ бўлган маълумотлар ҳамда материалларнинг тавсифномаси берилган.

Мавжуд технологияларни таҳлил қилиш ва тавсия этилаётган технологиянинг имкониятларини истиқболли баҳолаш объект сифатида қуйидагилар танланди:

- а) металлга ишлов берувчи асбоблар бўйича (машинасозлик йўналиши бўйича) нисбатан кўрғазмали ва кенг қўламда қўлланадиган яхлит ва ташкил қилувчиларга эга бўлган металл кесувчи, металлларга ишлов берувчи ва

штамплар асбоблари: М18х2 ва М42 маркали думалоқ плашкалар; уч томонлама диски фреза; штамп ва турли мақсадларга мўлжалланган матрица;

б) ерга ишлов берувчи асбоблар (қишлоқ хўжалиги йўналиши бўйича): ерга ишлов берувчи асбоблар бўлиб, улардаги муҳим кўрсаткичларга ейилишга чидамлилиқ ва ўз-ўзини чархлашни таъминлаш киради ва экскаваторнинг нисбатан кўп ейиладиган юривчи қисми;

в) бурғилаш асбоблари (нефть-газ ва гидро- мелиоратив йўналиш бўйича): бурғилаш коронкалари; долоталар; бурғилаш шарошкалари.

Металл қатламли композицияларини яратишдан асосий мақсад ноёб легирланган пўлат, молибден ва унинг қотишмалари, қаттиқ қотишма ва бошқаларнинг меҳнат сарфини камайтириш, металл қатламли композицияларни яратишда, ҳам термик ишлов беришда ишчи элементида юқори сиқувчи кучланишлар даражасини ҳосил қилишдан иборат.

Биз томондан танланган, металл қатламли композицияларини модели газга айланувчи қуймакорлик усулда олиш усулига диққатимизни қаратдиган бўлсак, металл қатламли композицияларнинг асоси учун қуймакорлик металл қотишмалари, асбобсозликни ташкил этувчи қўйма (вставка) лар учун эса асбобсозлик материаллари қўлланилади.

Айнан, ана шу гуруҳдаги материаллар асбобсозлик ишлаб чиқаришида бош ролни ўйнайди. Улар асбобсозлик пўлатлари ва қаттиқ қотишмаларини ўз ичига олади. Диссертация ишида қўлланилган асбобсозлик пўлатлари, қаттиқ қотишма, молибден ва унинг қотишмаларининг кимёвий таркиби берилган.

Диссертация ишида тадқиқотнинг замонавий назарий ва экспериментал усулларида фойдаланилган: жумладан, композицияни ўтиш зонасида кўндаланг кесими бўйича элементларнинг тақсимланишини «Link» тизимида Si (Li) қаттиқ жисмли детекторли рентген энергодисперсион микроанализаторга эга бўлган S – 180 маркали электрон микроскопда аниқланган; металл қатламли композицияларнинг ўтиш зоналарининг макро- и микроструктураси МИМ – 8, «Неофот - 21» ва РЭМ – 200 электрон микроскоп, ҳамда МБС-9 маркали макро қурилмада ўрганилган; ички кучланиш тензометрик усул билан аниқланган, бунда ПДБ – 10/100 тензодатчикдан фойдаланилган; рентгенграфиклари эса «ДРОН – 2,0» рентген дифрактометрида ва тескари тасвирга олувчи камерали кобальтти нурланишга эга бўлган «КРОС - 1» УРС-55а қурилмада олинган. Турли мақсадлар учун йўналтирилган металл қатламли композиция ва буюмларнинг мустаҳкамлик ва физик – механик тавсифномалари ГОСТга мувофиқ аниқланади.

Металл қатламли композициялар учун замонавий механик синаш усуллари, айнан статик мустаҳкамлик ва кучланиш ҳолати кўриб чиқилган ва уларни қўллаш имкониятлари аниқланган.

Диссертациянинг «**Металл қатламли композицияларни яратишда иссиқлик физикасининг ўзига хослиги**» деб номланган учинчи бобида металл қатламли композицияларни яратишдаги иссиқлик физикаси жараёнларининг математик моделини ишлаб чиқиш, легирловчи элементларнинг диффузия жараёнлари асосий қонуниятларини тадқиқот қилиш, диффузия коэф-

фициенти ва суёқ пўлатнинг қандай чуқурликка киришини ҳисоблаш усулини ишлаб чиқиш, қаттиқ қўймани (вставкани) суёқ қотишма билан ўзаро таъсирлашуви вариантларини тадқиқот қилиш, модели газга айланувчи қўймакорлик усулида металл қатламли композицияларни яратиш вариантлари каби муҳим масалалар атрофлича кўриб чиқилган.

Асбобсозлик техникасининг доимий ривожланишига қарамасдан, ҳозирги вақтга қадар қуйидаги масалалар кам даражада ўрганилган: суёқ металл ва қотишмалар тузилиши ва хоссасининг ўзаро боғлиқлиги ва суёқ металлнинг қаттиқ жисм билан ўзаро таъсири.

Суёқ металл ва қотишмаларнинг структурасини тадқиқот қилиш, уларнинг икки структура ташкил қилувчилардан ташкил топганини кўрсатади: булар тартибланган соҳалар (кластерлар) ва тартибланмаган зона ва бу суёқликнинг квазияримкристалл моделининг моҳиятини ташкил этади

Суёқликнинг квазикристалл модели нуқтаи назаридан, шуни таъкидлаш керакки, композициядаги қобикли зона, асосан кластерлар ёрдамида ҳосил қилинадиган бўлса, қолган қисми эса (суёқ металлни тезда қотиши) кластерлар ва маълум тартибга эга бўлмаган зоналардан қотади.

Асбобнинг қўймаси юзасини, яна унга қўшимча равишда қоплама қопланган ёки бандаж маҳкамланган бўлса, унинг суёқ металл билан ўзаро таъсирлашуви натижасида қоплама ёки бандажнинг элементлари суёқ пўлатга ўтади ва унда бир текис бўлмаган ҳолда тақсимланади. Қобикли зона, унда элементларнинг кичик эрувчанлик кучига эга бўлгани учун эриган элементлар билан бирлашиб қўшилади, унинг катта қисми маълум тартибга эга бўлмаган зонада маҳаллийлашади.

Металл қатламли композицияларнинг ўтиш зонаси маълум даражада суёқ пўлатга эга бўлганда диффузия механизмини тадқиқот қилиш композицияни ташкил қилувчилари орасидаги ўзаро диффузияни баҳолашга имкон яратади. Қўйма – суёқ пўлат чегарасида рўй берадиган бевосита физик жараёнлар, диффузия ҳисобланади.

Ўз ҳолича кечадиган диффузия коэффицентини ҳисоблаш учун суёқ металлдаги диффузияловчи атомнинг радиуси Гольдшмидтнинг металл радиусига тенг бўлиши керак деб қабул қилинади ва биринчи координацион сферадаги радиуси иккиланган металл радиусидан кам фарқланади, у ҳолда

$$D = 0,15 \frac{kT}{h} (\delta z_1)^2, \quad (1)$$

бу ерда, D – диффузия коэффиценти, k - Больцман доимийси, h – Планк доимийси, r - биринчи координацион сферанинг радиуси.

$\delta z_1 = \sqrt{\frac{\Delta z_1^2}{z_1}}$ - биринчи координацион соннинг нисбий ўртача квадратик флуктуацияси.

Элементларнинг бир хил чуқурликда юзага кириши диффузияловчи элементларнинг эриш жараёнида тезликларнинг яқинлигини кўрсатади.

Суюқ пўлатда эрийдиган элементларнинг оқими пайдо бўлади, бу эса уларнинг ўзаро юқори даражада таъсирлашувини ва суюқ қотишма таъсирида янги фазларнинг ҳосил бўлишини, яъни реактив диффузия юзага келиши учун зарур бўлган шароит бажарилишини билдиради.

Суюқ темирда элементларнинг диффузия чуқурлиги қуйида кўрсатилган формула билан баҳоланади:

$$L = 2\sqrt{D\tau} \quad , \quad (2)$$

бу ерда, D – диффузия коэффиценти, τ – ўзаро таъсирлашув вақти.

Диффузия механизмини таҳлил қилиш ва унинг оралиқ зонанинг контактидаги шаклланиш механизмида аниқловчи роли, фақат композицияга қўшиладиган элементлар миқдори, температура ва жараённинг давом этиш вақтини ўзгартириш йўли билан композицияни оралиқ зонасида берилган фазалар таркибини олишга имкон яратади ва унда керак бўлмаган интерметаллид фазаларнинг (мўрт) юзага келишини бартараф этади.

Амалий жиҳатдан ҳар қандай тайёр асбоб турли материаллардан ташкил топади, шунинг учун қўйиладиган талаб қандайдир алоҳида бир материалга эмас, балки уларнинг биргаликдаги композициядаги ҳолатига тегишли ҳисобланади.

Металл қатламли композицияларни яратишда ҳосил бўлган кучланишнинг қиймати ва ишораси бош ролни ўйнайди ва у яхлит композициянинг ишончилиги ва ишга лаёқатлилигини аниқлайди. Турли вариантда композицияни ташкил қилувчиларнинг ўзаро ишончли бирикмасининг ҳосил бўлиши билан металл қатламли композицияларни яратиш учун совутиш жараёнида суюқ қотишмада температуранинг тақсимланишини ўрганиш зарур ҳисобланади. Бу эса келажакда олинадиган металл қатламли композицияларни унинг олинишига қадар геометриясини башорат қилиш имкониятини беради.

Металл қатламли композицияларда ишончли бирикманинг шаклланиши учун суюқ қотишмани қўйма - асбобсозлик материалдан иборат ишчи элемент билан ўзаро таъсирлашувида рўй берадиган жараёнларнинг механизми ва кинетикасини билишни талаб этади.

Слитка ва қуймалар кристалланишининг жуда ҳам умумий томони бир қанча кетма-кет босқичларини амалга оширишни талаб этади: қолип девори – қобикни ўзаро контактида, периферияда кичик тенг ўқли “қотган” кристаллар зонаси, тенг ўқли кристаллар ва столбали кристаллар зонасининг ҳосил бўлиши.

Юқорида айтиб ўтилган, умумий қарашларни, биз томондан кўриб чиқиладиган бир хил бўлмаган суюқ қотишма – қўймага қўллаш, унга баъзи бир ўзгаришлар ва аниқлашлар киритишга олиб келади. Биринчидан, суюқ қотишмани совуқ қаттиқ жисм (қўймани контактли юзаси) билан ўзаро таъсирлашуви натижасида катта термик ўта совутишни таъминлайди. Бунда суюқликни контактли қатламида кристалланишнинг бошланишида термик зарб юзага келади, бу эса қобикли зона – кичик турли ориентирга эга бўлган

кристаллар зонаси шакллантиради. Иккинчидан, термик зарб қобиқли зонанинг структураси, унда эриган қўшимчаларнинг тақсимланишини тўлиқ равишда аниқлайди.

Бу ҳолатда, айнан қобиқли зона металл қатламли композицияларни ташкил этувчилар орасидаги оралик зонанинг шаклланиш шартини, металл қатламли композицияларнинг эксплуатацион хоссасини талаб этилган даражада таъминлаб беради.

Биметалл бирикманинг шаклланиши жараёнларини ривожлантиришнинг нисбатан эҳтимоллик схемасини аниқлаш учун қуйидаги вазифаларни ечиш керак бўлади:

- компонентнинг берилган кимёвий таркибида ҳар қандай вақт моментида заготовка ҳажмида температуранинг тақсимланиши, тизимнинг ташкил этувчиларини, уларнинг иссиқлик физикаси хоссаси ва геометрик ўлчамлари ҳамда заготовкадаги температуранинг бошланғич тақсимланишини аниқлаш;

- турли вақт моментида заготовканинг ҳар қандай берилган нуқтасида (ёки берилган бир қанча нуқталарида) температуранинг аниқлаш;

- тизимни ташкил этувчи компонентларнинг берилган кимёвий таркибида ҳар қандай вақт моментида берилган нуқта (ёки бир қанча берилган нуқталарда) заготовка материалини совутиш (ёки қиздириш) тезликларини, уларнинг иссиқлик физикаси, заготовкада берилган бошланғич температура тақсимланишидаги геометрик ўлчамларни аниқлаш;

- тизимни ташкил этувчи компонентларнинг берилган кимёвий таркибида ҳар қандай вақт моментида берилган нуқта (ёки бир қанча берилган нуқталарда) заготовка материалининг физик ҳолатини (материалнинг иссиқлик физикаси тавсифномаларининг қиймати, унинг структураси ва агрегат ҳолатини), уларнинг иссиқлик физикаси хоссаси ва геометрик ўлчамлари ҳамда заготовкадаги температуранинг бошланғич тақсимланишини аниқлаш.

Юқорида кўриб ўтилган вазифалар “Стационар бўлмаган иссиқлик ўтказувчанликнинг типик бўлмаган масаласи” синфига тегишли, яъни ҳозирги вақтда ушбу кўрсатилган вазифаларни аналитик ечиш мумкин эмас. Шунинг учун, бу масалани ечиш учун “Физик жараёнларни рақамли математик моделлаштириш” усулини қўллаш истиқболли ҳисобланади.

Турли иссиқлик физикаси хоссаларига эга бўлган бир қанча турли материаллардан ташкил топган заготовкадаги иссиқлик алмашиш жараёнининг нисбатан тўлиқ математик модели номаълум катталиқ учун бир текис бўлмаган жой –вақтинчали майдонда ҳам қаттиқ ҳолатда, ҳам суюқ ҳолатда бўлган заготовка материали температурасини, иссиқлик оқимларини, жадал нурланишлар, конвектив оқимлар ва бошқаларни ҳисобга олиши керак.

Шундай математик модель дифференциал тенгламалар тизимининг хусусий ҳосиласини, интеграл ва интегро-дифференциал тенгламаларни ўзида акс эттиради. Ушбу моделни амалга ошириш мураккаб структурага ва элементларга кирган кўп сонга эга бўлиши туфайли қийиндир.

Дифференциал тенгламалар ва унинг тенгламалар системасини яқинлашган ҳолда ечишнинг универсал усулига, жуда ҳам кенг қўламда ишлатиладиган математик физиканинг тенгламалар кириб, у сонли фарқлар усули

(ёки тўр усули) ҳисобланади. Шунинг учун биз асосий вазифамизни ечишда фақат стационар бўлмаган бир ўлчовли иссиқлик ўтказувчанликнинг масаласини ечиш билан чекланамиз. Қўйилган масалани ечишда, яққол бўлмаган яширин чекланган-фарқлар балансида фойдаланилган.

Шуни таъкидлаш керакки, яна қайтадан олинган қўшимча иссиқлик ҳам қўшни элементдаги фаза ўзгаришлар жараёнининг тугалланиши учун керак бўладиган энергия даражасини ошириши мумкин. Бунда, бу қонуният қолдиқ иссиқлик нолга тенг бўлмагунча давом этиши мумкин. Шундай қилиб, металл қатламли композицияларда температуранинг тақсимланиши учун ишлаб чиқилган ҳисоблаш алгоритми, экспериментал тадқиқотлар ўтказмасдан туриб, ишончли бирикма ҳосил бўлиши ва бу билан яхлит композицияни яратиш мумкинлигини башорат қилиш мумкинлиги имконини беради.

Суяқ қотишма ва қаттиқ қўйма ўзаро таъсирлашувининг феноменологик жараёни ва бу асосида металл қатламли композицияларни яратишнинг модели газга айланувчи қуймакорлик усули тавсия этилади.

Диссертациянинг «**Мо-TiC кукун композиция мисолида ва металл қатламли композициялар шаклланишининг илмий асосини яратиш**» деб номланган тўртинчи бобида Мо-TiC янги кукун композицияни ишлаб чиқиш назарияси ва технологияси ҳамда янги иссиқлик физикаси модели асосида модели газга айланувчи қуймакорлик усулида олинган металл қатламли композициялар олишнинг технологик асосларини ишлаб чиқишлари натижалари баён этилган.

Диссертация ишининг асосий вазифаларидан бири Мо-TiC асосли системадаги қиздирилиб пиширилган кукун композиция таркиби ва олиш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат. Композиция таркибидаги Мо ва TiC каби асосий компонентлардан ташқари, уни технологик ва эксплуатацион тавсифномаларни яхшилаш мақсадида, қотишмага Ni, Fe, W ва LaB₆ лар қўшилади.

Қотишмани қиёсий баҳолаш икки тавсифномалар орқали амалга оширилади: эгилишга бўлган мустаҳкамлик ($\sigma_{\text{эг}}$) ва қаттиқлик (HRA). Маълумки, ушбу тавсифномалар иссиқ ҳолда босим билан ишлов бериш учун ишлатиладиган штамплаш асбобларининг ишга лаёқатлилиги ва узокқа чидамлилигини аниқлайдиган тавсифномалар – юқори температурадаги қаттиқлик ва иссиққа чидамлилика яхши боғлиқдир. Шунинг учун қотишма таркибини ишлаб чиқишда оптимал таркибни аниқлаш учун баҳолаш мезони сифатида $\sigma_{\text{эг}}$ ва HR лар олинди. Қотишманинг таркиби оптималлаштириш экспериментларини математик режалаштириш усулини қўллаб, амалга оширилган. Натижада кукун композициянинг оптимал таркиби олинди ва у қуйидагиларни ўз ичига олади: 45-47 % TiC; 1,5 – 2,5 % Fe; 1,5 - 2% Ni; 0,5 - 1% W; 0,1 - 0,2% LaB₆; қолгани - Мо.

Композицияни тайёрлаш технологияси ва уни қиздириб пишириш режими юқори даражадаги хоссага эришиш учун катта муҳим роль ўйнайди. Намуна ёки буюмни тайёрлаш технологияси кукун металлургияси усулида қаттиқ қотишмалар тайёрлашни, одатдаги схемаси бўйича амалга оширилди.

Тадқиқотлар натижасида Мо-ТіС тизимидаги қиздириб пиширилган композициянинг қуйидаги физик – механик хоссаларга эга эканлиги аниқланди:

чизикли кенгайиш коэффиценти	$6,61 \cdot 10^{-6}$ - град ⁻¹ ;
зичлик	6,4 – 6,6 - г/см ³ ;
қаттиқлик	88 – 90 - НРА ;
эгилишга бўлган мустаҳкамлик	800-1000 - МПа .

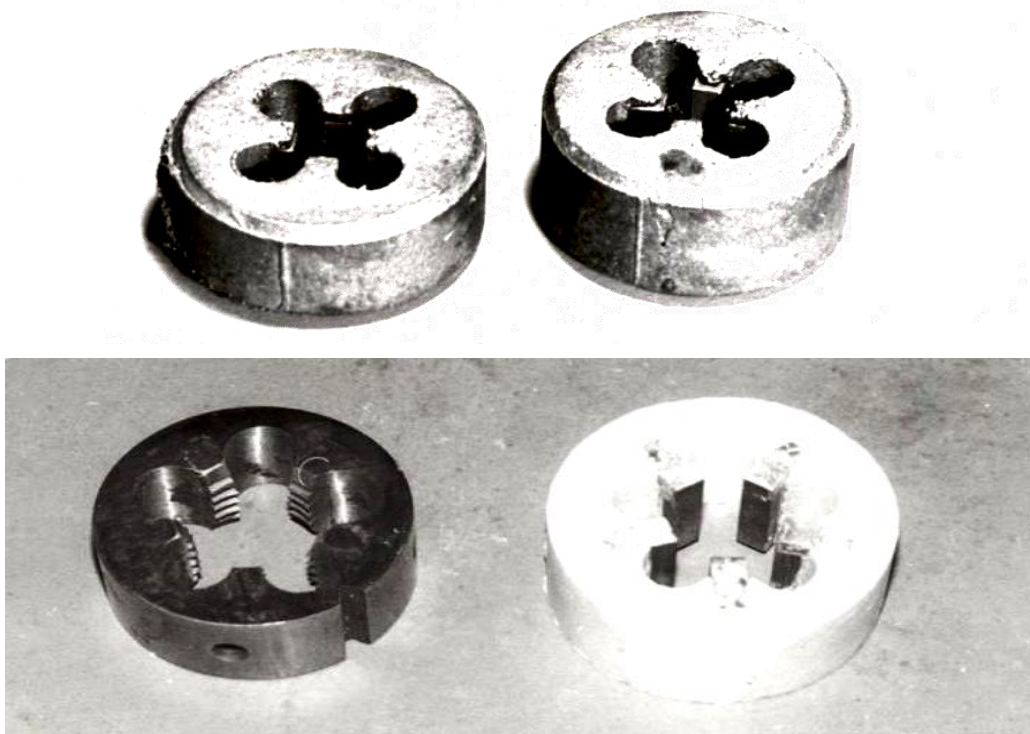
Микдорий фазали рентгенструктурали таҳлил қотишманинг таркибини мос равишдаги оптимал таркибига қуйидаги фазалар киришини кўрсатди: ТіС, Мо₂С, Мо(Ті).

Қотишма структурасини тадқиқот қилиш эса, қотишманинг асосини тенг ўқли доналар ташкил этиб, доналар катталиги бўйича жуда ҳам унча катта бўлмаган фарққа эга эканлигини, донанинг ўртача диаметри 10-20 мкм атрофида бўлиб, ГОСТ - 5639-65 бўйича 9 – 10 баллга тўғри келишини аниқлаб берди. Асосига кичик дисперсли қўшимчаларнинг иккинчи фазаси тақсимланган. Мо-ТіС системадаги қиздириб пиширилган композициянинг юқори температурадаги қаттиқлиги 20-1600 °С температура интервалида юқори температурада қаттиқликни аниқловчи махсус қурилма (УВТ)да аниқланган. Синовлар, Россияда жойлашган Москва пўлат ва қотишмалар институтининг “Пўлат ва юқори мустаҳкам қотишманинг металлшунослиги ” кафедраси лабораториясида ўтказилган. Синовлар, 20-1600 °С температура-лар интервалида молибден асосли қурун қотишманинг қаттиқлиги қуйма усулида олинган эвтектик қотишмага нисбатан анча юқори бўлишини ва айниқса 1000-1600 °С температура интервалида ҳатто, 1,5 – 2 мартагача катта эканлигини кўрсатди.

Тўртинчи бобда турли мақсадлар учун мўлжалланган металл қатламли композицияларни ишлаб чиқиш ва татбиқ этиш ҳам баён қилинган. Тавсия этилаётган усулда қуйма олишда мосламани лойиҳалаш ва тайёрлаш маълум бўлган қуйма олиш технологияларидан фарқ қилади. Металл қатламли композицияларни тайёрлаш учун қуйидаги асосий технологик операциялар бажарилади: пеномоделни тайёрлаш учун пенополистиролни тайёрлаш; асбобнинг пеномоделини тайёрлаш; ишчи элементни тайёрлаш; қуймани олиш учун тайёрлаш; асбобнинг қуймасини олиш.

“Қуймакорлик конструкцион пўлат – ишчи қўйма” туридаги олин-диган металл қатламли композициялар асбобсозлик ва қуймакорлик конст-рукцион пўлатларидан иборат бирикмадан ташкил топади. Ушбу синфдаги бирикмаларнинг асосий ютуғи легирланган асбобсозлик пўлатларининг сарфланишини ва штамп, мураккаб профилга эга бўлган кўп лезвияли кесув-чи асбобнинг меҳнат ҳажмларини камайтиради.

Иссиққабардош асбобсозлик пўлат – қуймакорлик конструкцион пўлат-дан иборат композиция учун думалоқ плашка, матрица каби объектлар танланди (1-расм).



1-расм. МСК« 9ХС пўлат - 40ХЛ пўлатдан» иборат металл қатламли композициялар - М18х2 ва М42 маркали қуйма думалоқ плашкалар.

Асбобнинг ишчи элементи билан корпусининг геометрик параметрлари нисбатида ушбу синфдаги асбоблар учун қўймани суяқ қотишма билан ўзаро контактидаги қалинлиги 2-5 мм бўлиши белгилаб қўйилди.

Қаттиқ ишчи элементларга эга бўлган иссиққа бардош бўлмаган асбобсозлик пўлати қўлланилган металл қатламли композициялар учун микро-структурасини таҳлил қилиш бўйича илмий-тадқиқот ишлари олиб борилди. 9ХС пўлати – 40ХЛ пўлатидан иборат металл қатламли композициялар М18х2 ва М42 маркали думалоқ плашкалар ишлаб чиқариш учун синаб кўрилди. Композицияда оралиқ қатлам сифатида турли хил флюслардан фойдаланилди ($\text{Na}_2\text{B}_2\text{O}_7$ ва бошқалар).

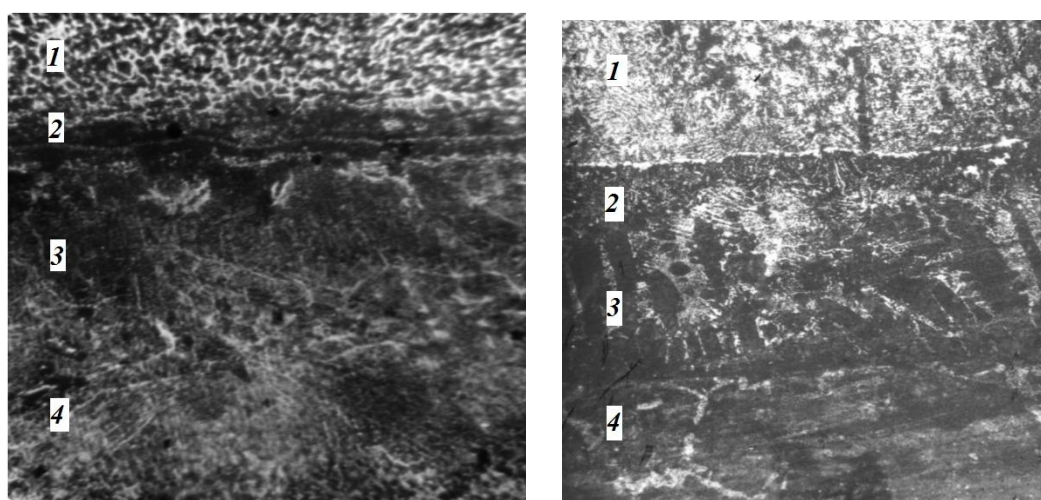
Мураккаб кўп лезвияли асбоблар тайёрлаш учун иссиққабардош, тезкесар пўлат – қуймакорлик конструкцион пўлатдан иборат композиция қўлланилди. Бу синфдаги асбобнинг ўзига хос эксплуатация қилиниши асбобнинг динамик ва циклик юкланишлар таъсирида ишлаши муносабати билан унинг корпусига катта талаб қўйилади (40ХЛ, 40ХГЛ, 40ХГФЛ маркали пўлатлар). Асбобсозлик иссиққабардош пўлатлар сифатида қуйидаги пўлатлар танланган: Р6М5, 10Р6М5-МП, Р6М5К5 ва бошқалар.

Физик тавсифномалари билан сезиларли даражада фарқланадиган ягона оралиқ қатламга эга бўлган композицияга “Қаттиқ қотишма - пўлат”, “Молибден қотишма - пўлат” лардан ташкил этувчилар киради. Бу композициялар учун штамплаш асбоблари (металларни иссиқ ҳолда пресслаш учун мўлжалланган матрицалар) ва бурғилаш асбоблари (бурғилаш коронкалари, долота ва бурғулаш шарошкалари) қўлланилган. Композицияларни ҳосил

қилиш учун орлиқ қатлам материали сифатида Cu-Ni-Mn, Cu-Ni каби қотишмалардан фойдаланилди, ушбу қотишмалар асбобнинг пўлат билан контактда бўладиган жойига қалинлиги 0,2 – 0,6 мм қилиб плазма усулида қопланди.

Асбобларнинг корпуси учун юқорида қайд этилгандек, қўйма конструкцион пўлатлар қўлланилган бўлса, унинг асосий ишчи қисмлар учун молибден ва унинг қотишмалари (МЧ, ВМ ва Мо-TiC) ҳамда ВК ва ТК гуруҳидаги қаттиқ қотишмалардан фойдаланилган.

“Иссиққабардош бўлмаган пўлат – конструкцион пўлат”, “Иссиққабардош пўлат – конструкцион пўлат”, “Қаттиқ қотишма – конструкцион пўлат” ва “Молибден ва унинг қотишмалари – конструкцион пўлатдан” иборат металл қатламли композицияларни ораллиқ қатламларнинг шаклланиш механизми, таркиби, тузилиши, физик-механик хоссалари ҳар томонлама тадқиқот қилинди (2 - расм).



а

б

2-расм. Қиздирилиб пиширилган молибден қотишмаси Мо-TiC – ВПр-2 – ЛКС 40ХНМЛ» (а) ва қиздириб пиширилган молибден қотишмаси Мо-Ti C – Ni – ЛКС 40ХНМЛ» (б) иборат металл қатламли композициянинг ораллиқ зонаси микроструктураси:

1-миграция зонаси; 2– ораллиқ қатлами асосидаги материал зонаси; 3-корочка; 4-углеродланиш зонаси. х150

Тадқиқотлар “Асбобсозлик материал – конструкцион пўлатдан” иборат турли турдаги металл қатламли композицияларда яхлит бирикмалар ҳосил бўлишини тасдиқлади.

Металл қатламли композицияларни осон эрийдиган ишчи элементлар билан олишнинг иккинчи варианти турли турдаги ерга ишлов берувчи асбобларни тайёрлаш учун мўлжалланган. Бу ҳолатда, кукунсимон қаттиқ қотишмаларда боғловчи ёрдамида паста кўринишда талаб этиладиган юза қопланади ёки олдин тайёрланган махсус ҳолатдаги юзага эга бўлган қўймага қолип кўринишда жойлаштирилади. Суюқ қотишманинг температураси қуйиш вақтида 1650-1700 °C ни ташкил этади. Юқори даражадаги механик,

иссиқлик, электр ва бошқа хоссаларга эга бўлган турли композицион материалларни тайёрлаш мақсадида бор ташкил қилувчи бирикмалар, биринчи навбатда бор ташкил қилувчи бирикмаларнинг ҳисобига жуда кенг кўламда тарқалган. Ерга ишлов берувчи асбобларни металл қатламли композициялардан тайёрлашда асбобнинг “қўймаси”, яъни юзасига қопланадиган қоплама материал сифатида Fe-Cr-C тизимидан иборат қотишмалардан, айнан ПГ-С27-ТН-20 дан, асбобнинг корпуси учун қуйма конструкцион пўлат сифатида 65ГЛ маркали пўлатдан фойдаланилган. Бу ҳолатда қоплама – “қўйма” қобикни сақлаган ҳолда тўлиқ равишда эрийди.

«ПГ-С27 - 65ГЛ маркали пўлат», «ПГ-С27-ТН-20 - 65ГЛ маркали пўлат» лардан ташкил топган композициялардаги қопламалар қалинлиги 2,8-3,2 ммни ташкил этади. Макро ва микроструктуралар тадқиқоти, бу композицияларда оралиқ зонадаги яхлитликнинг бузилиши кузатилмаганини кўрсатди. Композиция бўйича қилинган микрозондли тадқиқотлар Cr, Ni, W ларнинг 300 мкм ва ундан юқори чуқурликкача ўзаро киришини характерлаб берди. Композицияни кўндаланг кесими бўйича микроқаттиқликнинг тақсимланиши тадқиқоти эса, карбидли зонанинг қаттиқлиги энг юқори (1100-1400HV) бўлиб, сўнгра қаттиқлик монотон кўринишида, аста-секин камаяди ва қобик ҳамда углеродланиш соҳасида қаттиқлик 250...350 HV га етади.

Металл қатламли композициялар элементлари орасидаги бирикма шаклланишининг механизми аниқланди ва ўзига хослиги белгиланди, ана шунга мувофиқ конструкцион пўлатнинг суюқ қотишмаси билан қуйма – ишчи кесувчи элементи юзасини ўзаро контактида моментал равишда кристалланиш, қаттиқ қобик ҳосил бўлиши билан юзага келади, кейинчалик оралиқ қатлам материали эрийди ва қаттиқ юзалари билан чегараланган юзага келган суюқ қотишма бир томондан асбобсозлик материали билан, бошқа томондан пўлат билан ўзаро таъсирлашади. Натижада суюқ қотишма элементи билан композициянинг асосий ташкил этувчиси ўзаро таъсирлашиш маҳсулотларига эга бўлган мураккаб структура ва фаза таркибига эга бўлган композициянинг оралиқ зонасини шакллантиради.

Ўтказилган тадқиқотлар (микроструктура, микроқаттиқлик, оралиқ зонада элементлар тақсимланиши ва рентген фаза таҳлилларни ўрганиш) натижасида металлга ишлов берувчи, бурғилаш ва ерга ишлов берувчи асбоблар учун металл қатламли композицияларни олиш технологиялари ишлаб чиқилди. Турли асбоблар учун олинган металл қатламли композицияларда бирикмаларнинг шаклланиш механизми таҳлили ва унинг ўзига хослиги берилган хоссада металл қатламли композициялар олиш учун жараённинг бориши ва технологик шароитни танлашни башорат қилиш имконини беради.

Диссертациянинг «**Металл қатламли композицияларни термик ишлов беришнинг илмий технологик асосини такомиллаштириш ва ишлаб чиқариш технологияларини иқтисодий самарадорлиги**» номли бешинчи бобида турли турдаги асбоблар учун мўлжалланган металл қатламли композицияларга термик ишлов беришнинг асосий қонуниятлари ва синтезланган металл қатламли композицияларнинг асосий физик - механик

хоссаларини тадқиқот қилиш, металл қатламли композицияларнинг қовуш-қоқликдан емирилишини аниқлаш, металл қатламли композицияларнинг статик мустаҳкамлиги, металл қатламли композициядан тайёрланган асбобларни ишлаб чиқариш технологиясини татбиқ этишнинг техник-иқтисодий кўрсаткичлари каби масалалар кўриб чиқилган.

Жуда кўп буюмларни тайёрлашнинг технологик жараёнида эксплуатация қилишда катта юкланишларга жалб қилинадиган жойларида ейилишга чидамлилиги, мустаҳкамлиги ва бошқа тавсифномаларини ошириш учун буюмнинг юза қатламларида сиқувчи қолдиқ кучланишлар ҳосил қилиш керак. Асбобнинг ишчи элементида юқори даражада қолдиқ сиқувчи кучланишлар ҳосил бўлишига имкон берадиган металл қатламли композицияларни термик ишлов беришнинг оптимал режимларини ишлаб чиқиш жуда муҳимдир. Металл тизимларини термик пухталашда, структура ўзгаришларидан ташқари, ўзгаришларда иштирок этувчи структурани ташкил этувчиларнинг кристалл панжараларининг турли параметрлари билан боғлиқ равишда ҳажмий ўзгаришлари ҳам рўй беради. Ҳажмий ўзгаришлар эса ички кучланишларнинг юзага келишига олиб келади.

Серияли ишлаб чиқариладиган яхлит ва металл қатламли плашкаларнинг бардошлик натижаларини қиёслаш, М42 маркали металл қатламли плашканинг бардошлилиги серияли ишлаб чиқарилган плашкага нисбатан юқори эканлиги, М18х2 маркали металл қатламли плашканинг бардошлилиги эса пастроқ эканлиги кўрсатди (1 ва 2 - жадваллар). Бу ҳолат асбобнинг ишчи элементидаги кучланиш ҳолатига боғлиқ. М42 маркали металл қатламли плашкада ишчи элемент ҳар томонлама сиқувчи кучланишлар таъсири ҳолатида бўлса, М18х2 маркали металл қатламли плашкада эса кўндаланг йўналишда ва қўйманинг баландлиги бўйича чўзувчи кучланишлар таъсирида бўлиши қайд этилган (1 ва 2 - жадваллар). Маълумки, юзага келадиган термик кучланишлар қўйманинг турли кесимларида турли совиш тезликларига эга бўлишига боғлиқ бўлса, структурадаги кучланишлар эса фаза ўзгаришларига боғлиқ. 1 ва 2 – жадвалларда яхлит ва металл қатламли думалоқ плашкаларнинг стандарт ва поғонали термик ишлов беришдаги бардошлиликка синаш натижалари берилган. Натижада композициянинг ишчи элементида кучланиш ҳолатининг ўзгариши содир бўлади (2-жадвал). М42 ва М27х2,0 маркали қўйма металл қатламли плашкада кучланиш учала йўналишда 10 – 15 % га ошади, М18х2 маркали плашкада эса ҳар томонлама сиқувчи кучланишлар миқдорига етади.

Қаттиқ қотишма – пўлат, молибден ва унинг қотишмаси – пўлатдан иборат композиция учун ҳам термик ишлов бериш технологияси ишлаб чиқилган. Штампнинг қаттиқ қотишмали матрицаси учун мўлжалланган 35ХНМЛ - ВПр-2 - ВК15 иборат металл қатламли композиция учун термик ишлов бериш технологияси ишлаб чиқилган ва тадқиқот қилинган.

Маълумки, матрицанинг ишчи элементидаги кучланишнинг қиймати ва ишораси унинг бардошлилигини аниқлаб беради. Ана шунга мувофиқ, ишлаб чиқариш усули ҳамда термик ишлов беришга қадар ва ундан кейинги ҳолатларга боғлиқ равишда Мо – TiC дан тайёрланган қўймада юзага келадиган

ички қолдиқ кучланишни аниқлаш учун тензометрик тадқиқотлар бажарилган.

1-жадвал

Турли материалларда резъба кесишда қўлланиладиган думалок плашкаларни бардошлиликка синаш натижалари

Плашка тури	Плашка материали	Термик ишлов бериш режими*	Бардошлилик, S мм		Эслатма
			45 маркали пўлат	12X18H10T маркали пўлат	
M42	яхлит	стандарт	4630	2408	n = 20 бўлганда S- бардошлик-нинг ўртача арифметик қиймати
	қатламли	поғонали	5140	2954	
M27Ч2,0	яхлит	стандарт	4400	2460	
	қатламли	поғонали	4874	2899	
M18Ч2	яхлит	стандарт	5420	2870	
	қатламли	поғонали	5910	3388	

*Стандарт термик ишлов бериш: тоблаш 860°C мойда, бўшатиш 180°C.

Поғонали термик ишлов бериш : тоблаш – қиздириш 860°C, совутиш 220-240-300°C температурлар муҳитида, кейин совутиш мойда, бўшатиш 180°C.

2 –жадвал

Термик ишлов бериш режимларига боғлиқ равишда ишчи элементи 9ХС маркали пўлатдан корпуси эса 40ХЛ маркали пўлатдан иборат металл қатламли плашкада кучланишнинг ўзгариши

Плашка тури	Плашка тури	Термик ишлов бериш режими *	Ишчи элементдаги кучланиш, МПа		
			бўйлама	кўнгдаланг	баландлик бўйича
M42	қатламли	стандарт	-636	-466	-296
	қатламли	стандарт	-718	-492	-334
M27Ч 2,0	қатламли	стандарт	-475	-322	-260
	қатламли	стандарт	-541	-376	-302
M18Ч2	қатламли	стандарт	-332	+496	+231
	қатламли	стандарт	-444	-268	-154

*Стандарт термик ишлов бериш: тоблаш 860°C мойда, бўшатиш 180°C.

Натижада Мо – TiC дан тайёрланган ишчи элемент ҳисобланган қўймада ички қолдиқ кучланишлар қиймати аниқланди. 40ХНМЛ маркали пўлат учун қабул қилинган стандарт термик ишлов бериш кучланиш даражасини 2 марта оширади. Матрицанинг ишчи юзасида ички қолдиқ кучланишни яратиш – бу бир томондан Мо – TiC ва пўлат орасидаги термик кенгайиш коэффицентини турлича эканлиги таъсири бўлса, бошқа томондан компози-

цияни ташкил қилувчи пўлатда фазаларнинг қайта кристалланишини мартенсит ҳосил бўлиши билан бирга рўй беришининг таъсири ҳисобланади.

Металл қатламли композициялардан тайёрланган намуналарда ишга лаёқатини аниқлаш 1231-У-10 маркали қурилмада амалга оширилди. Синалаётган намуналар икки гуруҳга бўлиниб, улардан биринчиси механик охириги ишлов беришдан сўнг дастлабки ҳолатда, иккинчиси эса композицияни асбобсозлик ташкил қилувчиси учун тавсия этилган стандарт пухталанадиган термик ишлов бериш режимидан кейинги ҳолатида ишга лаёқатлилиги аниқланган: 1 - 9ХС пўлат - 40ХЛ пўлат иборат композиция – 860⁰С температурада мойда тобланади, 160-190⁰С температурада 1 соат мобайнида бўшатилади ; 2 - Р6М5 пўлат - 40ХЛ пўлат ва Р6М5 пўлат - 40ХГФ1Л пўлатдан иборат композиция 1260 ⁰С температурада мойда тобланади, 560⁰С температурада 1 соат мобайнида 3 марта бўшатилади.

Синов натижалари қуйманинг модули ошиши билан бирикманинг статистик мустаҳкамлиги 20-30% га ошганлигини кўрсатди. Пухталовчи термик ишловдан ўтган намуналар учун бирикманинг кесилиш ва узилишга бўлган мустаҳкамлик чегарасини ўртача 8 – 15 % га қиймати ошганлиги аниқланди. Қуйма конструктор пўлат – оралик қотишма - қаттиқ ишчи элемент” туридаги композицияларнинг ишга лаёқатлиги цилиндр ва текис қўймага эга бўлган махсус намуналарда аниқланган. Синов натижалари бу композицияларда ишга лаёқатликнинг 15 – 20 % га ошганлигини кўрсатди.

Қўймаси тўлиқ эрийдиган ПГ-С27 қотишма - 65ГЛ пўлат ва ПГ-УС25 қотишма - 65ГЛ пўлатдан иборат бўлган композиция бирикмасининг статик мустаҳкамлиги ҳақидаги натижалар 3-жадвалда кўрсатилган. Дарз кетишга чидамлилигига синаш, металл қатламли композицияларники дарз кетишга чидамлилиги ҳам қуйма, ҳам термик ишлов берилган ҳолатида 10 – 20 % га юқори бўлишини кўрсатди.

3 - жадвал

Қўймаси тўлиқ эрийдиган металл қатламли композициянинг бирикмасининг статик мустаҳкамлиги

Композиция	Мустаҳкамлик, МПа		Эслатма
	кесилишга бўлган, τ_k	узилишга бўлган, σ_b	
ПГ-С27 -65ГЛ	160-240	250-320	4,0 - 5,0 мм қалинликдаги қаттиқ қотишма

МЧ маркали молибденни пресслашда ишлатиладиган стандарт ва қуйма металл қатламли композицияни бардошликка синашнинг қиёсий натижалари металл қатламли композицияларники стандарт ҳолатидагидан 10-15 % га юқорилигини кўрсатди.

Бажарилган тадқиқот натижалари “Тошкент вилояти Машина-трактор парки” АЖ учун йиллик иқтисодий самарадорлик 80 млн. сўм, «Alutex» қўшма корхонаси учун йиллик иқтисодий самарадорлик 85 млн. сўм, «Муборакнефтваз» унитар давлат корхонаси учун йиллик иқтисодий самарадорлик 6,9 млн. сўм, «Пўлат қуйиш» очик турдаги жамият учун

йиллик иқтисодий самарадорлик 22023600 млн. сўм ва бошқалар учун металл қатламли композицияларни ишлаб чиқиш ва татбиқ қилиш илмий-услубий асос ҳисобланади.

Дисертация ишидан олинган илмий-амалий натижалар Абу Райҳон Беруний номидаги Тошкент давлат техника университети “Материалшунослик” кафедраси ўқув жараёнига татбиқ қилинган ва магистратура мутахассислиги ва бакалаврият йўналишларида таҳсил олаётган талабаларга маъруза ўтишда ва лаборатория ишларини ўтказишда татбиқ қилинган.

ХУЛОСА

«Металл қатламли композицияларни ишлаб чиқариш ва термик ишлов беришнинг назарий ва технологик асосларини яратиш» мавзусидаги докторлик диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижасида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Суюқ металлнинг қўйма юзаси билан ўзаро таъсирлашув механизми аниқланди. Бу механизм истиқболда металл қатламли композицияларни яратишда муҳим аҳамият касб этади.

2. Металл қатламли композицияларда диффузия механизмини аниқлашиши композициянинг ташкил қилувчилар орасидаги ўзаро диффузия ходисаларини баҳолашга имкон яратади.

3. Металл қатламли композицияларни ташкил этувчилари орасидаги оралик зонанинг шаклланиш шарти ишлаб чиқилди. Бу эса металл қатламли композицияларнинг шаклланишида муҳим аҳамият касб этади.

4. Металл қатламли композицияларни яратишда иссиқлик физикаси жараёнларининг математик модели ишлаб чиқилди. Металл қатламли композициялар олишда температура тақсимланишини ҳисоблаш алгоритми дастлабки тадқиқотларни ўтказмасдан композицияларни ишлаб чиқишга имкон яратади.

5. Мо-ТiС асосли кукун қотишмасининг оптимал таркиби ишлаб чиқилди ва бу қотишма физик – механик, технологик хоссаларининг ҳамма кўрсаткичлари бўйича маълум бўлган Мо – ТiС асосли қўйма эвтектик қотишмага нисбатан юқори эканлиги аниқланди.

6. Композицияни ишончли ва етарли даражада шакллантириш учун асбобсозлик материаллардан ишчи элементни тайёрлашнинг технологик асоси ишлаб чиқилди. Бу металл қатламли композиция олишда муҳим аҳамият касб этади.

7. Металлга ишлов берувчи, ерга ишлов берувчи ва бурғилаш асбоблари учун турли мақсадлар учун мўлжалланган металл қатламли композицияларни олишнинг оригинал технологияси ишлаб чиқилди.

8. Ҳамма олинган турли металл қатламли композицияларда бирикиш механизмини таҳлили ва унинг шаклланишининг ўзига хослиги металл қатламли композицияларни яратиш учун технологик шартларни танлашни ишлаб чиқишга имкон яратади.

9. Металл қатламли композициялар учун термик ишлов бериш режимлари ишлаб чиқилди. Ишлаб чиқилган режимлар истиқболда юқори механик ва технологик хоссага эга бўлган металл қатламли композицияларни яратишда муҳим аҳамият касб этади.

10. Ишлаб чиқилган металл қатламли композицияларнинг ишга лаёқатлиги, ишончлилиги ва узоққа чидамлилиқ кўрсаткичлари бўйича серияли аналоглардан қолишмаслиги аниқланди. Бу эса металл қатламли композицияларни турли асбоб ва деталлар тайёрлашда қўллаш имконини яратади.

11. Турли мақсадлар учун металл қатламли композициялар базасида ишлаб чиқариш технологияси бўйича амалий ва иқтисодий жиҳатлар ишлаб чиқилди. Бу омиллар, ўз навбатида металл қатламли композициялар ишлаб чиқаришда муҳим аҳамият касб этади.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ
ДОКТОРА НАУК 14.07.2016 FM / Т.02.02 ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ И
НАЦИОНАЛЬНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ УЗБЕКИСТАНА**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

НОРХУДЖАЕВ ФАЙЗУЛЛА РАМАЗАНОВИЧ

**РАЗРАБОТКА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ
ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВА И ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СЛОИСТЫХ КОМПОЗИЦИЙ**

**05.02.01 – Материаловедение в машиностроении. Литейное производство.
Термическая обработка и обработка металлов давлением. Металлургия чёрных,
цветных и редких металлов
(технические науки)**

АВТОРЕФЕРАТ ДОКТОРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

ТАШКЕНТ–2016

Тема докторской диссертации зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за 30.09.2014/В2014.5. Т312

Докторская диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский) размещен на веб-странице по адресу e-mail: www.tdtu.uz и информационно-образовательном портале «ZiyoNet» по адресу (www.ziyo.net).

Официальные оппоненты: **Рискулов Алимжон Ахмаджонович**
доктор технических наук, профессор

Михридинов Рискидин Михридинович
доктор технических наук, профессор

Абдуллаев Фатхулла Сагдуллаевич
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация: **Акционерное общество «Агрегатный завод»**

Защита диссертации состоится «___» _____ 2016 года в ___ часов на заседании научного совета 14.07.2016 FM / T.02.02 при Ташкентском государственном техническом университете и Национальном университете Узбекистана (Адрес: 100095, г. Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел/факс (99871) 227-10-32, e-mail: tadqiqotchi@tdtu.uz).

С докторской диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета за №___ Адрес: 100095, г. Ташкент, улица Университетская 2. Тел.: (99871) 246-46-00.

Автореферат диссертации разослан «___» _____ 2016 года.
(реестр протокола рассылки № __ от _____ 2016 года).

К. А. Каримов
Председатель Научного совета по присуждению
учёной степени доктора наук д. т. н., профессор

Н. Д. Тураходжаев
Ученый секретарь Научного совета по присуждению
учёной степени доктора наук к.т.н., доцент

Р. М. Михридинов
Председатель научного семинара при научном совете
по присуждению учёной степени доктора наук
д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (Аннотация докторской диссертации)

Актуальность и востребованность темы диссертации. Научно-исследовательские работы по созданию металлических слоистых композиций проводятся в мире более, чем в тридцати странах. Десятикратное повышение скорости обработки на металлообрабатывающих станках (3500-50000 об/мин), увеличение воздействия внутренних напряжений при механической обработке деталей и, в целом, совершенствование производства приводит к повышению требований качества инструментов - оснастки и деталей. Это, в свою очередь, требует от материала деталей высоких эксплуатационных свойств. По статистическим сведениям, каждый год в мире для разработки высококачественных материалов затрачивается 5-6 млрд. долларов США, в том числе для Европы и государств СНГ это цифра составляет 1 – 2 млрд. долларов США, а в других развитых государствах затрачивается 4 – 5 млрд. долларов США. В настоящее время в условиях интенсификации производства при выпуске качественных изделий разработка металлических и неметаллических композиций с высокими механическими свойствами является одной из важных задач производства.

В годы независимости нашей республики особое внимание уделяется производству высококачественной и конкурентоспособной на мировом рынке машиностроительной продукции. Развитие машиностроительной отрасли, её продукции, которая должна соответствовать современным требованиям по увеличению надёжности, безопасности и срока службы производимых машин и механизмов, аппаратов и оборудования и их материалов – все это привело к достижению значительных результатов.

В настоящее время важное значение имеет повышение экономической эффективности отраслей экономики по созданию нового состава производимых материалов; эффективное и экономическое совершенствование технологий получения изделий методом литья имеет важное значение для повышения показателей народного хозяйства. В этом аспекте целенаправленные научно - исследовательские работы, в том числе проведение научных исследований следующих направлений являются одними из важных задач: создание композиционных материалов с использованием специальных металлических слоистых композиций, обеспечивающих качество продукции; разработку технологий получения металлических слоистых композиций; совершенствование теоретических и технологических основ термической обработки, способствующих повышению прочности металлических слоистых композиций; создание и производство энерго- и материалосберегающих новых металлических слоистых композиций на основе последних достижений науки и техники, предполагающих экономию дефицитных инструментальных материалов и повышение производительности. Вышеуказанные научно-исследовательские направления, а также результаты выполняемых по данным направлениям

научных исследований служат обоснованием актуальности темы данной диссертации.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Постановлениях Президента Республики Узбекистан № ПП – 2120 от 4 февраля 2014 года «О программе локализации производства готовой продукции, комплектующих изделий и материалов на 2014 – 2016 годы» и № ПП – 2298 от 11 февраля 2015 года «О программе локализации производства готовой продукции, комплектующих изделий и материалов на 2015 – 2019 годы», а также в других нормативно – правовых документах в данной сфере.

Соответствие исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики II «Энергетика, энергия и ресурсосбережение».

Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации¹.

Научные исследования, направленные на совершенствование производства и технологии термической обработки, проводятся во многих ведущих научных центрах и высших образовательных учреждениях мира, в том числе: в «U. S. Smelting Refining and Mining Co» (США), в Тойо Ко уе Хиросима» (Япония), в «Рейкин пистон оф Токио» (Япония) и «Cubota Iron and Mashinaru» (Япония), Институте проблемы литья Академии наук Украины, в Институте электро-сварки им. Е. О. Патона Академии наук Украины совместно с ПО "Азовмаш", в Научной - исследовательском институте твердых сплавов (Россия) и в Ташкентском государственном техническом университете (Узбекистан).

В результате проведенных в мире исследований по изучению методов получения металлических слоистых композиций и применению усовершенствованного производства и технологии термической обработки, получен ряд научных результатов, в том числе: разработаны технология получения деталей и инструментов с твердыми покрытиями и высоким сроком службы (фирмы «U. S. Smelting Refining and Mining Co» , США, «Тойо Ко уе Хиросима» и «Рейкин пистон оф Токио», Япония); разработаны центробежный способ литья с применением двухслойных прокатных валков для станов горячей и холодной прокатки полос (фирма «Cubota Iron and Mashinaru», Япония); разработана технология заливки металлических слоистых композитов (Институт проблемы литья Академия наук Украины); разработана технология получения многослойных отливок штампов (Институт электросварки им. Е.О. Патона Академии наук Украины

¹В обзоре международных научных исследований по теме диссертации использовались www.okorrozii.com/zashitnpokrt.html (2000-2015); www.pokritiemetalla.ru (2005-2016); www.chemastu.ru/chair/study/genchem/r8_3.htm (2006-2016); www.tydexoptics.com/ru/materials/coatings/mccoatings/(2000-2016); www.stroitelstvo-new.ru/metal/; Founderiefoun-dene danjord'hue (1984-2010); International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and technology (2006 -2016); Металловедение и термическая обработка (2000 – 2016); Structure and fatigue crack resistance of multilayer materials produced by explosive welding// Advanced Materials Research (2010-2015) и другие источники.

совместно с ПО "Азовмаш", Украина); разработаны составы эвтектических сплавов, работающих при высоких температурах (Научно-исследовательский институт твердых сплавов, Россия); разработана технология получения твердосплавного покрытия изделий из легких композитов (Ташкентский государственный технический университет, Узбекистан).

В мире по разработке состава и технологии и совершенствованию термической обработке металлических слоистых композиций проводятся исследования по ряду приоритетных направлений, в том числе: по разработке новой технологии производства металлических слоистых композиций; по созданию теоретических и технологических основ термической обработки металлов; выявление механизмов формирования многокомпонентных металлических систем; разработка научных основ получения композиционных материалов с заданными технологическими и эксплуатационными свойствами.

Степень изученности проблемы. В мировой практике разработаны металлические слоистые композиции и технологии термической обработки.

Научно - исследовательские работы учёных ведущих стран мира, таких как Кане М. М., Stibel М. К., Kotrin Y. I., Keen W. L. посвящены получению деталей с высокой прочностью, имеющие в основе разработки металлических слоистых композиций. Они разработали центробежным способом литья двухслойные прокатные валки, но в этом способе наблюдается плавления первого слоя под воздействием второй порции металла. Goma С. А. и Beiss Р. Р. разработали с высокие сроки службы, технология получения деталей и инструментов с твердым покрытием, а также технологию применения металлических слоистых валков центробежным способом литья. Они определяли механизм плавления металла - первого слоя отливок при получении биметаллических заготовок. Учёными Стран Независимых Государств созданы материалы металлических слоистых композиций и разработке технологии заливки при создании материала металлических слоистых композитов (Нагайцев А. А., Шевакин Ю. В., Пигузова В. Н., Новиков И. И. и другие). Чекуров В. В., Галяутдинов М. Н., Бекмурзаев Н. Х. и Нурмурадов С. Д. разработали технологию получения литых биметаллических композиций и технологию нового состава сплава для создания износостойких покрытий композиций. Они разработали технологии повышения прочности металлического покрытия нового композиционного материала путем термической обработки.

Несмотря на большие достижения многочисленных научных результатов в области создания и применения металлических слоистых композиций, существует немало нерешенных проблем. В том числе, ещё не созданы теоретические и технологические основы производства и термической обработки металлических слоистых композиций. Это можно наблюдать в формировании металлических слоистых композиций с учетом квазиполикристалличности жидкого расплава и механизма диффузии в системе «квазиполикристаллический расплав – твердая вставка».

Связь темы диссертации с научно - исследовательскими работами высших образовательных учреждений, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно - исследовательской работы при Ташкентском государственном техническом университете в рамках темы прикладного проекта: П- 4.1.8.2 «Технология получения износостойких структур на поверхности почворежущих изделий и их упрочнение термообработкой» (1997-1999), П - 3.5 « Разработка получения и термическая обработка металлических слоистых композиций для почвообрабатывающих рабочих органов типа ТВБ 135А” (1999–2001), а также 15–012 «Разработка технологии нанесения износостойких покрытий методом горячего прессования на инструменты и детали, применяемые в машиностроении» (2009–2011).

Целью исследования является создание теоретических и технологических основ производства и термической обработки металлических слоистых композиций повышенной прочности.

Задачи исследования:

разработка металлических слоистых композиций повышенной прочности;

создание и совершенствование теоретических и технологических основ производства металлических слоистых композиций и их термическая обработка;

выявление механизма формирования металлических слоистых композиций с учетом квазиполикристалличности жидкого расплава и механизма диффузии в системе «квазиполикристаллический расплав - твердая вставка»;

разработка технологии термической обработки с целью повышения эксплуатационных свойств материала;

разработка технологии получения металлических слоистых композиций способом литья по газифицируемым моделям;

определение прикладных и экономических аспектов технологии производства металлических слоистых композиций.

Объектом исследования являются инструментальные стали, литейные конструкционные стали, молибден и его сплавы, твердые сплавы и самофлюсующие сплавы.

Предмет исследования составляют слоистые металлические композиций оптимального состава и технологии производства инструментов с повышенной прочностью.

Методы исследования. В диссертации выбраны современные теоретические и экспериментальные методы исследований металлических слоистых композиций (макро- и микро, а также рентгеноструктурные анализы и другие). Прочностные и физико - механические характеристики металлических слоистых композиций и изделий определены по требованиям государственных стандартов.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработан механизм соединения металлических слоистых композиций;

усовершенствована аналитическая методика, описывающая возникновение силы внутренних напряжений при кристаллизации металлов;

разработан оптимальный состав металлических слоистых композиций с высокой ударной вязкостью;

выявлен механизм формирования металлических слоистых композиций с учетом квазиполикристалличности жидкого расплава и механизма диффузии;

разработаны режимы термической обработки металлических слоистых композиций;

показаны функциональные зависимости металлослоистых и неметаллических композиций от толщины промежуточного слоя в композиции.

Практические результаты исследования. Предложено производство металлообрабатывающих, почвообрабатывающих и буровых инструментов на основе металлических слоистых композиций.

Достоверность полученных результатов. Достоверность полученных результатов основывается на точно поставленных задачах производства по термической обработки металлических слоистых композиций, их математического моделирования теплофизических процессов и цифрового решения известных методов и алгоритмов, а также на основании сравнения результатов, полученных теоретическим путём с результатами экспериментальных испытаний.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследований при получении металлических слоистых композиций обоснована проведением математического моделирования происходящих физических процессов и использования их цифровых решений.

Практическая значимость результатов исследований производства высокоэффективной термической обработки металлических слоистых композиций применима и в создании металлообрабатывающих, почвообрабатывающих и буровых инструментов.

Внедрение результатов исследования. На основе производства и термической обработки металлических слоистых композиций:

технология нанесения износостойких покрытий методом горячего прессования инструментов и деталей, применяемая в машиностроении для увеличения срока службы, применена на Унитарном государственном предприятии «Муборекнефтегаз» (Справка акционерной компании «Узнефтьгаздобыча» от 26 октября 2016 года №8/2-АК-778ж). Внедрение разработанных технологий позволила повысить срок службы штамповых инструментов в пять раз;

оптимальный состав металлических слоистых композиций для увеличения механических свойства деталей и инструментов внедрен на

совместном предприятии «Alutex» (Справка совместного предприятия «Alutex» №259 от 29 сентября 2016 года). Применение разработанного оптимального состава материала износостойкого покрытия позволяет повысить механические свойства металлических слоистых композиций;

биметаллические композиции штамповых, металлорежущих и формообразующих инструментов для повышение прочности инструментов и деталей внедрены на совместном предприятии «Alutex» (Справка совместного предприятия «Alutex» №259 от 29 сентября 2016 года). Применение разработанного биметаллического инструмента позволяют повысить прочность в 1,5-2 раза;

Апробация результатов исследования. Результаты исследования диссертации прошли апробацию на 5 - ти международных и республиканских научно - практических конференциях, в том числе: «Работы и методы переработки местных ресурсов, сырья и горючих, создание, освоение новых технологических процессов и их оснащение оснасткой» (Ташкент, 1994); «Современные тенденции развития автомобилестроения в России» (Тольятти, Россия, 2004); «Высокие технологии и развитие высшего образования в XXI веке » (Ташкент, 2004); «Современные материалы, техника и технологии в машиностроении» (Андижан, 2014, 2016); « Техника и технология машиностроения: состояние и дальнейшее развитие» (Ташкент, 2016).

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликованы 33 научные работы. Из них 18 научных статей, в том числе 15 в республиканских и 3 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций.

Структура и объем диссертации. Структура диссертации состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы, приложений. Объем диссертации составляет 200 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновываются актуальность и востребованность темы диссертации, формулируются цель и задачи, а также объект, предмет и методы исследования, приводится соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложены научная новизна и практические результаты исследования, обосновывается достоверность полученных результатов, раскрывается теоретическая и практическая значимость полученных результатов, представлены результаты внедрения диссертационной работы в производство и учебный процесс, сведения по апробациям и опубликованным работам, структуре и объёму диссертации.

В первой главе диссертации «**Современное состояние проблемы создания металлических слоистых композиций**» приведен обзор современного состояния проблемы по созданию металлических слоистых

композиций (МСК), существующих технологий создания металлических композиций, получению литых металлических композиций; по результатам изучения и анализу технологии производства литых штампов, технологии поверхностного упрочнения металлических композиций, способу литья по газифицируемым моделям; по применению сплавов молибдена в современной технике, низколегированным сплавам молибдена, дисперсно-упрочненным сплавам молибдена, высоколегированным сплавам на основе молибдена и представлена постановка задач диссертационной работы.

Приведены результаты основных анализов получения литых металлических композиций. Рассматривается ряд способов получения биметаллических и многослойных отливок, их преимущества и недостатки.

Анализ научно-технической и патентной литературы показывает, что наиболее актуальным и перспективным при применении металлических слоистых композиций является метод литья по газифицируемым моделям. Применение этого метода с использованием металлических слоистых композиций позволит развить научные основы производства и термической обработки металлических слоистых композиций и является одной из задач, решаемых в настоящей диссертационной работе.

Проведен анализ технологии поверхностного упрочнения металлических композиций. В настоящее время разработаны и применяются разнообразные способы повышения долговечности, износостойкости деталей машин на этапе получения отливок или их последующей обработки. Для получения слоя значительной глубины и с нужными свойствами целесообразно применять метод поверхностного легирования отливок.

Изучение и анализ технологии поверхностного упрочнения металлических композиций показал, что биметаллические и поверхностно-легированные отливки имеют бесспорные преимущества по сравнению с другими способами повышения износостойкости отливок по конечным результатам. Кроме того, оба способа технологически проще и экономически эффективнее. Именно поэтому разработка технологии получения многослойных слоистых композиций путем литья с целью повышения износостойкости сопряженных поверхностей деталей и инструментов является весьма перспективным направлением и положена в основу данной работы.

Проанализировано, с критической точки зрения, состояние изготовления образцов, отвечающих требованиям целенаправленной высокоэффективной композиции и изделий (детали и инструменты). Показано, что отсутствие научных основ формирования металлических слоистых композиций и на их основе изделий, становится барьером для развития технологии производства.

Проанализированы свойства и возможности применения молибденовых сплавов.

Для высокотемпературного прессования тугоплавких металлов перспективной является сборная матрица, сочетающая в себе преимущества

вставки из эвтектических сплавов системы Mo-(W)-Ti-C для зоны калибрующего очка и стального заходного участка заданной геометрии.

К недостаткам сплава следует отнести технологию плавки и литья, которая отличается высокой трудоемкостью, сложностью и энергоемкостью, а процесс механической обработки требует применения специального инструмента с режущими элементами из сверхтвердых материалов, что в совокупности существенно снижает эффективность использования этого сплава. В связи с этим следует разработать новый спеченный сплав на основе Mo-TiC, который исключает недостатки эвтектического сплава на основе молибдена.

Анализ исследований по термической обработке металлических слоистых композиций показал, что применяемые существующие технологические режимы не учитывают своеобразие сочетания разнородных материалов, что снижает эффективность результатов термообработки, не позволяет в полной мере раскрыть потенциальные возможности металлических слоистых композиций. Это обуславливает необходимость определения основных закономерностей изменения структуры и свойств металлических слоистых композиций быстрорежущей стали, твердых сплавов, спеченного молибденового сплава системы Mo – TiC – литая конструкционная сталь в зависимости от теплофизических свойств и геометрических параметров основных элементов, составляющих композицию.

Теоретические предпосылки необходимости исследования научных основ создания МСК на основе молибденовых сплавов, а также технологий получения изделий целевого назначения с заданными эксплуатационными свойствами, приведенными в виде результатов полученного патента, источников, обуславливают актуальность выполнения следующих задач:

- исследование механизма формирования МСК с учетом квазиполикристалличности жидкого расплава и механизма диффузии в системе «квазиполикристаллический расплав – твердая вставка»;
- разработка математических моделей теплофизических процессов и формирования соединений и напряжений в МСК;
- разработка научно - методических принципов формирования изделий целевого назначения с заданными эксплуатационными характеристиками;
- разработка новой технологии производства инструментов различного целевого назначения методом литья по газифицируемым моделям с применением специфики термической обработки МСК, а также поверхностного борирования и боротитанирования.

Во второй главе диссертации « **Выбор объектов и методика исследований формирования структуры металлических слоистых композиций**» приведены методика исследований, испытаний и сведения о термической обработке металлических слоистых композиций, а также характеристики материалов.

Анализ существующей и перспективная оценка возможностей применения предлагаемой технологии позволили выбрать в качестве объектов:

а) по металлообрабатывающим инструментам (машиностроительное направление) наиболее представительные и широко применяемые цельные и составные металлорежущие, металлообрабатывающие и штамповые инструменты: круглые плашки типа М18х2 и М42; трехсторонние дисковые фрезы; просечные штампы; матрицы различного целевого назначения;

б) по почвообрабатывающим инструментам (сельскохозяйственное направление): рабочие органы для обработки почвы, в которых важным показателем является износостойкость и обеспечение самозатачиваемости и наиболее изнашивающиеся ходовые части экскаваторов;

в) по породоразрушающим инструментам (нефте-газовое и гидро-мелиоративное направления): буровые коронки; долота; шарошки.

Основные цели создания металлических слоистых композиций – сокращение расхода дефицитных легированных сталей, затрат труда, создание высокого уровня сжимающих напряжений в рабочем элементе металлических слоистых композиций как при изготовлении, так и при термической обработке.

Принимая во внимание выбранный способ получения металлических слоистых композиций – литье по газифицируемым моделям, а также то, что несущей основой металлических слоистых композиций должны служить литейные металлические сплавы, в качестве инструментальной составляющей взяты металлические материалы.

Именно указанная выше группа материалов выполняет главную роль в инструментальном производстве. Она включает инструментальные стали и твердые сплавы. В работе дан химический состав использованных инструментальных сталей, твердых сплавов, молибдена, а также их сплавов.

В диссертационной работе использованы современные теоретические и экспериментальные методы. Распределение элементов по поперечному сечению переходной зоны определяли на растровом электронном микроскопе S – 180 с рентгеновским энергодисперсионным микроанализатором на твердотельном детекторе Si (Li) системы «Link», макро- и микроструктура переходной зоны МСК изучалась с помощью металлографического микроскопа МИМ – 8, «Неофот - 21» и на растровом электронном микроскопе РЭМ – 200, а также на макроустановке МБС-9, внутренние напряжения определяли тензометрически, используя тензодатчики ПДБ – 10/100 , а также и рентгенографически – на рентгеновском дифрактометре «ДРОН – 2,0» и на установке УРС-55а, камере обратной съемки «КРОС - 1» - на кобальтовом излучении. Прочностные и физико-механические характеристики МСК и изделий целевого назначения определяли согласно соответствующим ГОСТам.

Рассмотрены и определены возможности использования современных методов механических испытаний для металлических слоистых композиций, а именно - статической прочности и напряженного состояния.

В третьей главе диссертации **«Теплофизические особенности создания металлических слоистых композиций»** подробно рассмотрены важные задачи разработки математической модели теплофизических процессов создания металлических слоистых композиций, исследования основных закономерностей процессов диффузии легирующих элементов, разработки методики расчета коэффициента диффузии и глубины проникновения в жидкую сталь, исследования вариантов взаимодействия твердой вставки с жидким расплавом, вариантов создания металлических слоистых композиций методом литья по газифицируемым моделям.

Несмотря на постоянную развивающуюся инструментальную технику до настоящего времени весьма слабо изучены вопросы, касающиеся: взаимосвязи строения и свойств жидких металлов и сплавов; взаимодействия жидкого металла с твердыми телами.

Жидкий металл представляет собой совокупность двух структурных составляющих: упорядоченные области (кластеры) и разупорядоченные зоны, что и составляет суть квазиполикристаллической модели жидкости.

С позиций квазикристаллической модели жидкости можно утверждать, что корковая зона образована в основном кластерами, остальная часть (быстрое замораживание жидкого металла) затвердевала благодаря кластерами разупорядоченной зоны.

При взаимодействии жидкого металла с поверхностью вставки, на которую может быть дополнительно нанесено покрытие или закреплён бандаж, элементы покрытия или бандажа переходят в жидкую сталь и распределяются в ней неравномерно. Корковая зона в силу меньшей растворимости в ней элементов будет обеднена растворившимися элементами, большая их часть локализуется в разупорядоченной зоне.

Исследование механизма диффузии в переходной зоне МСК при наличии жидкой стали в определенной степени дает возможность оценить взаимодиффузию между составляющими композиции. Прямым физическим процессом, происходящим на границе вставка - жидкая сталь, является диффузия.

Для расчета коэффициента самодиффузии принимается, что радиус диффундирующего атома в жидком металле равен металлическому радиусу Гольдшмидта, и что радиус первой координационной сферы мало отличается от удвоенного металлического радиуса, тогда

$$D = 0,15 \frac{kT}{h} (\delta_1)^2, \quad (1)$$

где D - коэффициент диффузии,

k - постоянная Больцмана,

h - постоянная Планка,

r - радиус первой координационной сферы,

$$\delta z_1 = \sqrt{\frac{\Delta z_1^2}{z_1}} - \text{относительная среднеквадратичная флуктуация первого}$$

координационного числа.

Одинаковые глубины проникновения означают близость скоростей диффундирующих элементов в процессе их растворения. В жидкой стали возникают потоки растворяемых элементов, что означает высокую степень их взаимодействия между собой и влияние расплава, т.е. возможным образованием новых фаз. Таким образом реализуются необходимые условия для возникновения реактивной диффузии.

Глубина диффузии элементов в жидкое железо оценивалась по формуле

$$L = 2\sqrt{D\tau}, \quad (2)$$

где D - коэффициент диффузии, τ - время взаимодействия.

Анализ структуры механизма диффузии и его определяющая роль в механизме формирования контакта в переходных зонах позволяет утверждать, что только путём варьирования концентрациями вводимых элементов, температурой и длительностью процесса можно добиться получения заданного фазового состава в переходной зоне и исключить появление нежелательных (хрупких) интерметаллических фаз.

Готовый инструмент представляет собой сочетание различных материалов, поэтому предъявляемые требования относятся не отдельно к какому-то материалу, а к их сочетанию в композициях.

Созданные напряжения, с определенной величиной взаимодействия и знаком, играют важную роль при создании МСК и определяют надежность и работоспособность композиции в целом.

При создании металлических слоистых композиций различных вариантов с образованием надежного соединения между составляющими композиции необходимо изучить распределение температуры жидкого расплава в процессе охлаждения, что позволяет прогнозировать геометрию будущих металлических слоистых композиций до его получения.

Для формирования надежного соединения в МСК необходимо знание механизма и кинетики процессов, протекающих при взаимодействии расплава со вставкой - рабочим элементом из инструментального материала.

В самых общих чертах процесс кристаллизации слитков и отливок сводится к нескольким последовательным стадиям: образование зоны мелких равноосных "замороженных" кристаллов в периферийной, контактирующей со стенками формы - корочке, образование зоны столбчатых кристаллов и зоны равноосных кристаллов.

Перенесение этих общих представлений на рассматриваемый диссертантом неоднородный расплав - вставку позволяет внести некоторые коррективы и уточнения. Во-первых, при взаимодействии расплава с холодным твердым телом (контактная поверхность вставки) достигается

большое термическое переохлаждение. При этом в контактном слое жидкости создается термический удар, действующий только в начале кристаллизации, в результате чего формируется корковая зона - зона мелких разориентированных кристаллов.

Во-вторых, термический удар полностью определяет структуру корковой зоны, распределение растворенных в ней примесей.

В рассматриваемом выше случае именно корковая зона определяет условия формирования переходной зоны между составляющими металлических слоистых композиций, обеспечивая необходимый уровень эксплуатационных свойств металлических слоистых композиций.

Для определения наиболее вероятной схемы развития процесса формирования биметаллического соединения необходимо решить следующие задачи:

- распределение температуры в объеме заготовки в любые моменты времени при заданном химическом составе компонент, составляющих систему, их теплофизические свойства, геометрические размеры и заданные начальные распределения температур в заготовке;

- определение температуры в любой заданной точке (или в нескольких) заготовки в любые моменты времени при:

- заданном химическом составе компонентов, составляющих систему;
- их теплофизические свойства, геометрические размеры при заданном начальном распределении температур в заготовке;

- определение скорости охлаждения (или нагрева) материала заготовки в заданной точке (или в нескольких заданных точках) в любые моменты времени при заданном химическом составе компонент, составляющих систему, их теплофизические свойства, геометрические размеры при заданном начальном распределении температур в заготовке;

- определение физического состояния материала (значение теплофизических характеристик материала, его структурное и агрегатное состояние) заготовки в любой момент времени в заданной точке (в нескольких заданных точках) при заданном химическом составе компонент, составляющих систему, их теплофизические свойства, геометрические размеры при заданном начальном распределении температур в заготовке.

Перечисленные выше задачи относятся к классу «Нетипичные задачи нестационарной теплопроводности», т.к. получить аналитическое решение указанных задач в настоящее время не представляется возможным. Поэтому для их решения представляется перспективным использование метода «Численное математическое моделирование физических процессов», протекающих в заготовке в процессе ее остывания.

Наиболее полная математическая модель процесса теплообмена в заготовке, состоящей из нескольких разнородных материалов с различными теплофизическими свойствами, учитывает наличие неравномерных пространственно-временных полей у искомых величин - температур материала заготовки, находящейся как в твердом, так и в жидком (расплавленном) состоянии, тепловых потоков, интенсивностей излучения,

конвективных потоков и т.д. Такая модель представляет собой систему дифференциальных уравнений в частных производных, интегральных и интегро-дифференциальных уравнений. Реализация такой модели затруднительна из-за ее сложной структуры и большого числа входящих в нее элементов.

Универсальным методом приближенного решения дифференциальных уравнений и систем этих уравнений, применимых для очень широкого класса уравнений математической физики, является метод конечных разностей (или метод сеток). Более того, были введены ограничения при рассмотрении нестационарной одномерной задачи теплопроводности. В решении поставленной задачи диссертантом использован неявный конечно - разностный баланс.

Следует отметить, что вновь полученный остаток также может превышать уровень энергии, необходимой для завершения процесса фазового превращения соседнего элемента. Это правило используется до тех пор, пока остаток тепла не станет равным нулю. Таким образом, разработанный алгоритм расчета распределений температур в металлических слоистых композициях дает возможность предсказать без проведения экспериментальных исследований возможность образования надежного соединения и тем самым создания композиции в целом.

Предложена феноменология процесса взаимодействия расплава и твердой вставки, на основе которой предложен способ создания металлических слоистых композиций методом литья по газифицируемым моделям.

В четвертой главе диссертации **«Разработка научных основ формирования порошковых композиций на примере Mo-TiC и металлических слоистых композиций»** приведены созданные аналитические выкладки и технология спеченной порошковой композиции Mo-TiC, а также даны результаты разработки технологической основы получения металлических слоистых композиций литьем по газифицируемым моделям на основе новой теплофизической модели.

Одной из основных задач данной работы была разработка состава и технологии получения спеченной порошковой композиции системы Mo-TiC. Помимо основных компонентов Mo и TiC в состав композиции вводились с целью улучшения технологических и эксплуатационных характеристик Ni, Fe, W, и LaB₆.

Сравнительная оценка сплава проводилась по двум характеристикам прочности на изгиб ($\sigma_{из}$) и твердости по Роквеллу (HRA). Как известно, эти характеристики хорошо коррелируют с такими характеристиками, как горячая твердость и жаропрочность, определяющими работоспособность и долговечность штампового инструмента для горячей обработки давлением. Поэтому при разработке сплава в качестве критериев оценки при определении оптимального состава брались $\sigma_{из}$ и HRA. Оптимизация состава проводилась с привлечением метода математического планирования экспериментов.

В результате получили оптимальный состав порошковой композиции, которая включает: 45-47 % TiC; 1,5-2,5% Fe; 1,5-2% Ni; 0,5-1% W; 0,1-0,2% LaB₆; Mo – остальное.

Немаловажную роль для достижения высокого уровня свойств играет технология подготовки композиции и режимы её спекания. Технологический процесс изготовления образцов или изделий методом порошковой металлургии производился по обычным технологическим схемам получения твердых сплавов.

В результате исследований установлено, что спеченная композиция системы Mo-TiC обладает следующими физико-механическими свойствами :

коэффициент линейного расширения, град⁻¹ - $6,61 \cdot 10^{-6}$;

плотность, г/см³ - 6,4 – 6,6;

твёрдость, HRA - 88 - 90;

прочность на изгиб, МПа - 800-1000.

Фазовый рентгеноструктурный анализ показал, что в составе сплава, соответствующего оптимальному, входят следующие фазы: TiC, Mo₂C, Mo (Ti).

Анализ положения интерференционных максимумов и их форма свидетельствуют о существенной степени легированности основных фаз и наличие в них микроискажений кристаллической решетки.

Исследование структуры указанного выше сплава показало, что основу составляют равноосные зерна, имеющие незначительные отличия по величине, средний диаметр зерна колеблется в пределах 10-20 мкм, что соответствует 9 – 10 баллам (ГОСТ -5639-65).

В основе распределены мелкодисперсные включения второй фазы. Распределение отличается равномерностью по всему телу зерна, с отдельными редкими скоплениями по границам. По границам зерен встречаются иногда выделения избыточной фазы, свидетельствующие об образовании жидкой фазы при спекании.

Горячую твердость спеченной композиции системы Mo-TiC определяли на специальной установке высокотемпературной твердости - УВТ в интервале температур 20-1600⁰С. Испытания проводились в лаборатории кафедры "Металловедение стали и высокопрочных сплавов" Московского института стали и сплавов.

Описана разработка и внедрение металлических слоистых композиций для различного целевого назначения. При получении рекомендуемых отливок необходимо проектирование и изготовление оснастки, которая отличается от известной технологии.

Для изготовления металлических слоистых композиций необходимо выполнение следующих основных технологических приемов: подготовка пенополистирола для изготовления пеномодели; изготовление пеномодели инструмента; подготовка рабочего элемента; подготовка и получение отливки; получение инструмента.

Получение металлической слоистой композиции типа литейная конструкционная сталь - рабочая вставка возможно в случае сопоставимости

физико-механических характеристик материалов. Композиции такого типа представляют собой соединение между инструментальными и литейными конструкционными сталями. Основным преимуществом этого класса соединений является сокращение расхода легированных инструментальных сталей благодаря частичной замене их более доступными конструкционными сталями, и снижение трудоемкости изготовления штампового и многолезвийного режущего инструмента сложного профиля.

Композиция «нетеплостойкая инструментальная сталь - литейная конструкционная сталь» выбрана для изготовления круглых плашек - матриц (рис.1).

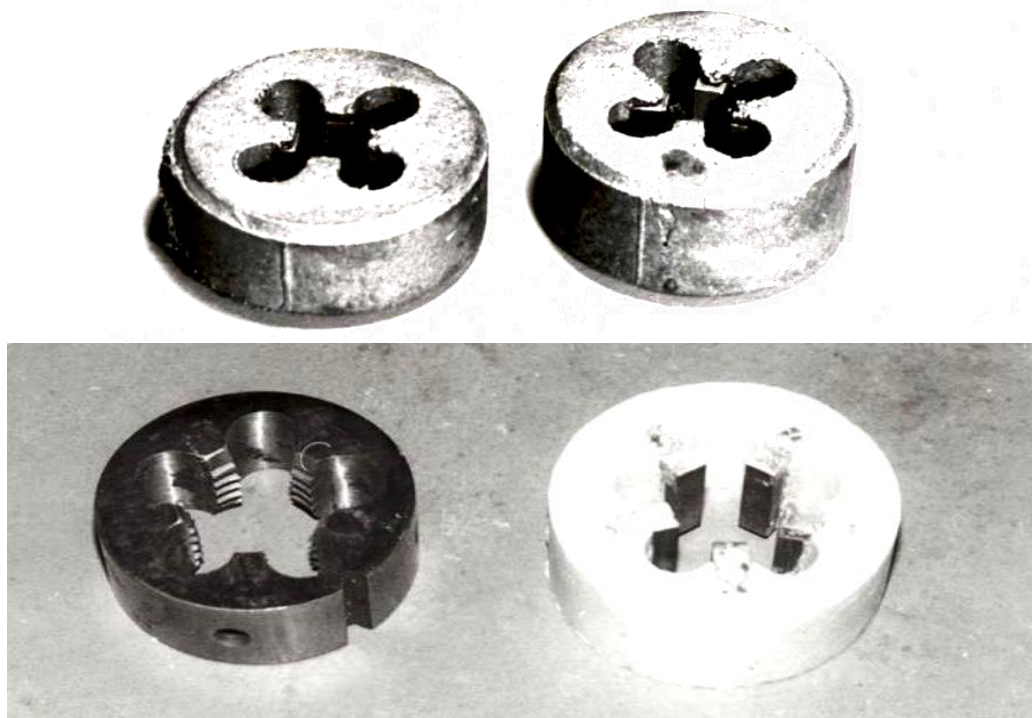


Рис. 1. Металлические слоистые композиции «сталь 9ХС – литая конструкционная сталь 40ХЛ» - литые круглые плашки.

Анализ соотношения геометрических параметров рабочих элементов и корпусов инструмента позволил установить, что для данного класса инструментов толщина вставки в зоне контакта с расплавом должна составлять 2-5 мм.

Проведены микроструктурные исследования по применению металлических слоистых композиций с твердым рабочим элементом из нетеплостойкой инструментальной стали. В процессе исследования металлической слоистой композиции сталь 9ХС - сталь 40ХЛ были опробованы с целью производства круглых плашек М18х2 и М42. В композициях в качестве промежуточного слоя использовались различные флюсы ($\text{Na}_2\text{B}_2\text{O}_7$ и другие).

Как было указано ранее, для изготовления сложного многолезвийного инструмента использовались композиции теплостойкие, быстрорежущие стали - литая конструкционная сталь. Специфичность

эксплуатации данного класса инструмента обусловлена, в том числе, высокими требованиями к корпусу инструмента, работающего в условиях динамических и циклических нагрузок (стали 40ХЛ, 40ХГЛ, 40ХГФЛ). В качестве теплостойких инструментальных сталей выбраны: Р6М5, 10Р6М5-МП, Р6М5К5 и другие.

Вариант с промежуточным слоем является практически единственным для композиций, составляющие которых существенно отличаются по физическим характеристикам. К этим композициям относятся твердые сплавы - сталь, молибденовые сплавы - сталь. Для штампового инструмента (матрицы для горячего прессования металлов) и бурового инструмента (буровые коронки, долота и буровые шарошки) использовались вставки из твердых сплавов, предназначенные для паяного инструмента. Для создания композиций в качестве материала промежуточного слоя использовались сплавы системы Cu-Ni-Mn, Cu-Ni с толщиной 0,2 – 0,6 мм, напыленные плазменным способом.

Как указано выше, для корпуса инструментов использовались литейная конструкционная сталь, и в качестве его основной рабочей части молибден и его сплавы (МЧ, ВМ и Мо-TiC), а также твердые сплавы группы ВК и ТК.

Механизм формирования, состав, строение, физико-механические свойства металлических слоистых композиций типа “нетеплостойкая сталь - конструкционная сталь”, “теплостойкая сталь – конструкционная сталь”, “твердый сплав – конструкционная сталь” и “молибден и его сплавы - конструкционная сталь” исследовались всесторонне (рис.2).

Исследование металлических слоистых композиций типа “Инструментальный материал – конструкционный сталь” подтвердило получение сплошных соединений.

Предлагаемый вариант технологии изготовления МСК с легкоплавким рабочим элементом предназначался главным образом для изготовления почвообрабатывающих инструментов различных типов. В данном случае порошкообразные твердые сплавы на связующем наносятся в виде пасты или размещаются в форме заранее изготовленных вставок в специально подготовленной полости. Температура расплава в момент заливки 1650-1700⁰С. Применение борсодержащих соединений с целью изготовления различных композиционных материалов, имеющих высокий уровень механических, тепловых, электрических и других свойств, получает довольно широкое распространение, в первую очередь, путем использования самих борсодержащих соединений. Следует отметить, что комплексом особо ценных физико-механических свойств обладает карбид бора. "Вставками" служили сплавы системы Fe-Cr-C; а именно ПГ-С27 и ПГ-С27-ТН-20, а в качестве несущей основы литейная конструкционная сталь 65ГЛ. В данном случае покрытие - "вставка" полностью проплавляется с сохранением корочки.

Толщина покрытия в композициях ПГ-С27 - сталь 65ГЛ, ПГ-С27-ТН-20 - сталь 65ГЛ колебалась в пределах 2,8-3,2 мм. Нарушение сплошности в переходной зоне не обнаружено.

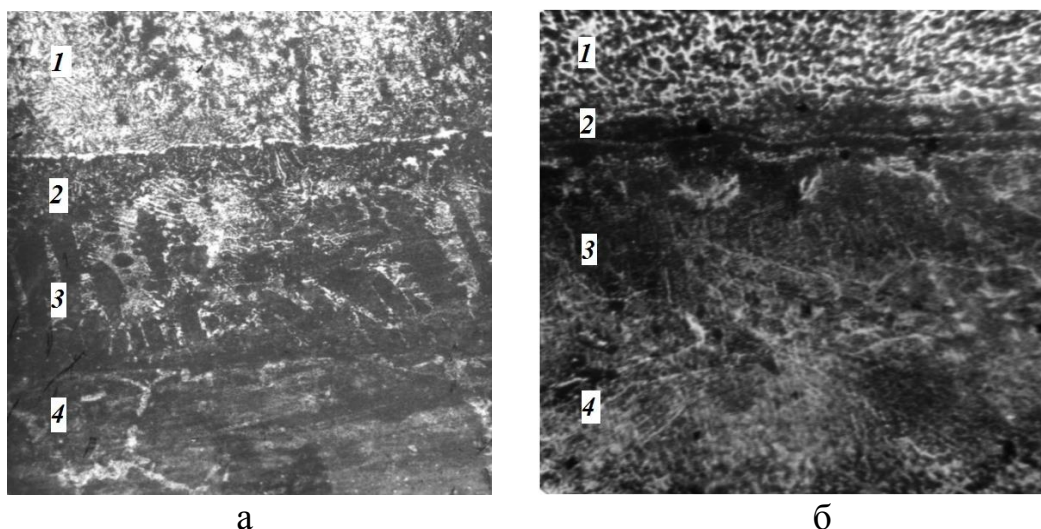


Рис. 2. Микроструктура переходной зоны металлических слоистых композиций: «спеченный сплав Mo-TiC – ПР-Н58Ф – литая конструкционная сталь 40ХНМЛ» (а), металлическая слоистая композиция «спеченный сплав Mo-Ti C – Ni – литая конструкционная сталь 40ХНМЛ» (б). X150
 1-зона миграции; 2-зона на основе материала переходного слоя; 3-корочка; 4-зона науглероживания.

Результаты рассмотрения механизма и особенностей формирования соединения всех типов позволили предсказать ход процесса и выбрать технологические условия создания таких композиций.

Результаты макро- и микроструктурного исследований композиций показали, что нарушение сплошности в переходной зоне не обнаружено. Показатели микрондальных исследований композиций характеризуются высокими глубинами взаимного проникновения элементов Cr, Ni, W до 300 мкм и глубже. Распределение микротвердости по поперечному сечению композиций показало, что наибольшую твердость (1100-1400 HV) имеет карбидная подзона, далее - кривая твердости монотонно снижается в эвтектической и доэвтектической подзонах и достигает минимума в области корочки и области науглероживания, 250...350 HV.

Учитывая и обобщая результаты проведенных исследований всех типов композиций, можно представить механизм и особенности формирования соединения между элементами композиций при участии промежуточного слоя.

Определен механизм и установлены особенности формирования соединения между элементами металлических слоистых композиций, по которому при контакте расплава конструкционной стали с поверхностью вставки – рабочего, режущего элемента происходит кристаллизация с образованием твердой корочки с последующим расплавлением материала промежуточного слоя и взаимодействия образующегося расплава с ограничивающими его твердыми поверхностями: с одной стороны инструментального материала, с другой – стали. В результате формируется переходная зона композиции, имеющая сложную структуру и фазовый

состав, включающие продукты взаимодействия между элементами расплава и основными составляющими композиции. На основе проведенных исследований (изучение микроструктуры, микротвердости, распределения элементов в переходной зоне, рентгенофазовый анализ) разработаны технологии получения ряда металлических слоистых композиций для металлообрабатывающих и почвообрабатывающих инструментов. Анализ механизма и особенностей формирования соединений всех полученных типов металлических слоистых композиций позволяет предсказывать ход процесса и выбирать технологические условия для создания металлических слоистых композиций с заданными свойствами.

В пятой главе диссертации **«Совершенствование научно - технологических основ термической обработки металлических слоистых композиций и экономическая эффективность технологии производства»** приведены результаты исследования основных закономерностей термической обработки металлических слоистых композиций с целью изготовления различных инструментов и исследования физико-механических свойств синтезированных металлических слоистых композиций, определение ударной вязкости, статической прочности металлических слоистых композиций, технико-экономические показатели внедрения технологии производства инструментов из металлических слоистых композиций.

При изготовлении промышленных изделий технологический процесс разрабатывается таким образом, чтобы в участках, подвергающихся при эксплуатации большому нагружению, создать сжимающие остаточные напряжения в поверхностных слоях изделия, с целью повышения их износостойкости, прочности и других характеристик.

Однако наиболее важным является разработка оптимальных режимов термической обработки металлических слоистых композиций, позволяющих создать высокий уровень остаточных сжимающих напряжений в рабочем элементе инструмента.

При выполнении термического упрочнения в металлических системах, кроме структурных превращений, происходят объемные изменения, связанные с различными параметрами кристаллических решеток структурных составляющих, участвующих в превращениях. Объемные изменения вызывают возникновение внутренних напряжений.

Сравнение результатов стойкостных испытаний серийных монолитных и биметаллических плашек (табл.1 и 2) позволяет отметить тот факт, что у биметаллических плашек М42 стойкость выше, а у плашек М18х2 ниже, чем у серийных аналогов. Объясняется это, по - видимому напряженным состоянием рабочих элементов (табл.2): у плашек М42 рабочий элемент находится в состоянии всестороннего сжатия, а у плашек М18х2 в поперечном направлении и по высоте вставок зафиксированы растягивающие напряжения (табл.1 и 2).

Влияние масштабного фактора на стойкость металлических слоистых композиций и напряженное состояние рабочих элементов обусловлено

изменением соотношения между величиной термических, структурных и суммарных напряжений рабочего элемента.

Таблица 1

Результаты испытаний на стойкость плашек из различных материалов

Тип плашки	Вид Плашки	Режим т.о.*	стойкость, S мм		Примечание
			сталь 45	12X18H10T	
M42	цельн.	стандарт	4520	2340	S-средне-арифметическое значение стойкости при n = 20
	МСК	ступенчат.	5016	2855	
M27x2,0	цельн.	стандарт	4400	2460	
	МСК	ступенчат.	4874	2899	
M18x2	цельн.	стандарт	5300	2760	
	МСК	ступенчат.	5720	3166	

*Стандартная термообработка-закалка 860°C в масло, отп.180°C.

Ступенчатая закалка-нагрев 860°C, охлаждение в среде с температурой 220-240-300°C, затем в масло, отпуск 180°C.

Таблица 2

Изменение напряжений рабочего элемента из стали 9ХС в плашках из металлических слоистых композиций с несущей основой из стали 40ХЛ в зависимости от режимов термообработки

Тип плашки	Вид плашки	Режим т.о.*	Напряжение в раб. элементе, МПа		
			вдоль	поперек	по высоте
M42	МСК	стандартная	-584	-406	-284
	МСК	стандартная	-622	-435	-312
M27x2,0	МСК	стандартная	-475	-322	-260
	МСК	стандартная	-541	-376	-302
M18x2	МСК	стандартная	-309	+478	+215
	МСК	стандартная	-415	-241	-134

*Стандартная термообработка-закалка 860°C в масло, отп.180°C

Известно, что возникновение термических напряжений связывается с различием в скорости охлаждения в разных сечениях отливки, а структурных напряжений – с фазовыми превращениями.

В табл. 1 и 2 даны результаты испытания на стойкость при стандартной и ступенчатой термической обработке цельных и металлических слоистых круглых плашек. В результате происходят изменения в напряженном состоянии рабочего элемента металлических слоистых композиций (см. табл. 2). В плашках M42 и M27x2,0 сжимающие напряжения увеличились в среднем на 10-15% по всем трем направлениям, а в плашках M18x2 достигнуто всестороннее сжатие. Разработана также технология термической обработки композиции типа твердый сплав – сталь, молибден и его сплавы – сталь.

Разработана технология термообработки применительно к металлическим слоистым композициям сталь 35ХНМЛ - ВПр-2 - ВК15 для термообработки твердо-сплавной матрицы штампа.

Известно, что величина, знак напряжений в рабочих элементах матриц во многом определяют его стойкость. В этой связи проводились тензометрические исследования внутренних остаточных напряжений, возникающих во вставке из Мо – TiC в зависимости от способа производства, а также до и после термообработки. В диссертации проведены результаты определения значений внутренних остаточных напряжений в рабочем элементе вставки из Мо-TiC приведены в диссертации. Стандартная упрочняющая термическая обработка, принятая для стали 40ХНМЛ, повышает уровень напряжения в 2 раза. Создание внутренних остаточных напряжений сжатия на рабочей поверхности матрицы – это результат воздействия, с одной стороны, различия коэффициента термического расширения сплава Мо-TiC и стали, с другой – процесса фазовой перекристаллизации, проходящего с образованием мартенсита в стальной составляющей композиции.

Испытания проводились с применением установки 1231-У-10 на образцах для каждого варианта металлических слоистых композиций.

Каждая такая партия, в свою очередь, делилась на две части. Одна из них испытывалась в исходном состоянии, т.е. только после механической доводки, другая – после прохождения стандартной упрочняющей термической обработки по режимам, рекомендованным для инструментальной составляющей композиции: 1 - Композиция сталь 9ХС - сталь 40ХЛ; - закалка 860⁰С в масло, отпуск 160-190⁰С - 1 час; 2 - Композиция сталь Р6М5 - сталь 40ХЛ и сталь Р6М5 - сталь 40ХГФ1Л; - закалка 1260⁰С в масло, отпуск 560⁰С x 3 кратный по 1 часу.

Результаты испытаний показали, что с увеличением модуля отливки статическая прочность соединения возрастает на 20-30%. Для образцов, прошедших упрочняющую термическую обработку, наблюдается повышение предела прочности соединения на срез и на отрыв в среднем на 8-15%. Определение статической прочности между составляющими этой группы композиций осуществлялось на специальных образцах с цилиндрической и плоской вставках. Проведение испытания показало, что в этом случае работоспособность композиций увеличилась на 15 – 20 %.

Показатели статистической прочности соединения в композициях с полным расплавлением вставки, сплав ПГ-С27-сталь 65ГЛ и сплав ПГ-УС25-сталь 65ГЛ приведены в табл. 3.

Таблица 3

Статическая прочность соединения в МСК с полным расплавлением вставки

Композиция	Прочность, МПа		Примечание
	на срез τ_{cp}	на отрыв σ_g	
Сплав ПГ-С27 -65ГЛ	160-240	250-320	Толщина твердосплавного покрытия - 4,0-5,0мм.
Сплав ПГ-УС25-65ГЛ	140-200	230-260	

Результаты испытания показали, что величина критического раскрытия трещин у всех биметаллических образцов как в литом, так и в термообработанном состоянии, выше на 10-20 %.

Как показали результаты испытаний, стойкость матриц при прессовании молибдена марки МЧ, изготовленных из литых композиций на 10 – 15 % выше, чем при использовании стандартных матриц, полученных путем запрессовки.

Результаты выполненных исследований являются научно - методической основой разработки и внедрения МСК в АО «Машинотракторный парк Ташкентской области» с годовым экономическим эффектом 80000000 сум, СП ООО «Alutex» с годовым экономическим эффектом 85000000 сум, УДП «Мубаракнефтегаз» с годовым экономическим эффектом 6900000 сум, ООТ «Пўлат қуйиш» 22023600 сум и другие с годовым экономическим эффектом.

Полученные научно-практические результаты внедрены в учебный процесс на кафедре «Материаловедение» Ташкентского государственного технического университета имени Абу Райхана Беруни и используются при чтении лекций и проведении лабораторных работ для студентов магистратуры и бакалавриатуры.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основы проведённых исследований по докторской диссертации на тему «Разработка теоретической и технологической основы производства и термической обработки металлических слоистых композиций» представлены следующие выводы:

1. Выявлен механизм взаимодействия жидкого металла с поверхностью вставки в металлических слоистых композициях. Эти механизмы будут полезны в перспективе при создании металлических слоистых композиций.

2. Выявление механизма диффузии в металлические слоистые композиции даёт возможность оценки взаимодиффузии между составляющими композиции.

3. Разработаны условия формирования переходной зоны между составляющими металлических слоистых композиций. Это имеет важное значение при формировании металлических слоистых композиций.

4. Разработана математическая модель теплофизических процессов создания металлических слоистых композиций. Разработан алгоритм расчета распределения температур при получении металлических слоистых композиций позволил создание композиции с заданными свойствами без предварительных экспериментов.

5. Разработан оптимальный состав порошкового сплава на основы Мо-TiC и физико-механические и технологические свойства порошкового сплава на основы Мо – TiC по всем показателям превосходят известный литейный эвтектический сплав системы Мо – TiC.

6. Разработаны технологические основы подготовки рабочих элементов из инструментальных материалов, необходимых и достаточных для формирования надежной и работоспособной композиции. Эти технологические

основы играет важной роль при получении металлических слоистых композиций.

7. Разработаны оригинальные технологии получения ряда металлических слоистых композиций целевого назначения для металлообрабатывающих, почвообрабатывающих и буровых инструментов.

8. Анализ механизма и особенностей формирования соединений всех полученных типов металлических слоистых композиций позволяет предсказывать ход процесса и выбирать технологические условия для создания металлических слоистых композиций.

9. Разработан режим термической обработки для металлических слоистых композиций. Эти режимы будут полезны в перспективе при создании металлических слоистых композиций с высокими механическими и технологическими свойствами.

10. По показателям работоспособности, надёжности и долговечности разработанные металлические слоистые композиции не уступают серийным аналогам. Это даёт возможность применения металлических слоистых композиций для изготовления инструментов и деталей.

11. Определены прикладные и экономические составляющие технологии производства металлических слоистых композиций инструментов целевого назначения. Эти факторы необходимы при производстве металлических слоистых композиций.

**RESEARCH COUNCIL TO AWARD THE DEGREE OF DOCTOR OF
SCIENCES 14.07.2016 FM / T.02.02 AT THE TASHKENT STATE
TECHNICAL UNIVERSITY AND THE NATIONAL UNIVERSITY OF
UZBEKISTAN**

TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY

NORHUDZHAEV FAIZULLA RAMAZANOVICH

**DEVELOPMENT OF THEORETICAL AND TECHNOLOGICAL BASIS
OF PRODUCTION AND THERMAL TREATMENT OF METAL
LAYERED COMPOSITIONS**

**05.02.01 - Materials in mechanical engineering. Foundry. Thermal treatment and metal
forming. Metallurgy of ferrous, non-ferrous and rare metals
(technical sciences)**

ABSTRACT OF A DOCTORAL THESIS

Tashkent 2016

Subject of doctoral thesis is registered in the Higher Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of 09.30.2014 / V2014.5. T312

The doctoral thesis was carried out at the Tashkent State Technical University.

The abstract of dissertation are three languages (Uzbek, Russian, English), posted on the web page at www.tdtu.uz and informational-educational portal of «ZiyoNet» at (www.ziynet.uz).

Official opponents:

Riskulov Alimjon Ahmadjonovich

Doctor of Technical Sciences, Professor

Mihridinov Riskidin Mihridinovich

Doctor of Technical Sciences, Professor

Abdullaev Fathulla Sagdullaevich

Doctor of Technical Sciences, Professor

Leading organization:

“Agregate plant” joind stock company

The defense of the thesis will be held "____" _____ 2016 at ____ at the meeting of the Scientific Council of 14.07.2016 FM / T.02.02 at the Tashkent State Technical University and the National University of Uzbekistan (Address: 100095, Tashkent, University str., Tel 2. / fax: (99871) 227-10-32, e-mail: tadqiqotchi@tdtu.uz).

The doctoral thesis is available at the Information Resource Center of the Tashkent State Technical University under the number _____. Address: 100095, Tashkent, University Street 2. Tel.: (99871) 246-46-00.

Abstract of the thesis was sent "____" _____ 2016 year.
(Register mailing protocol number _____ from 2016 year).

K. A. Karimov

Chairman of the scientific council on award of scientific degree of doctor of sciences, D. T. S., professor

N.D. Turahodzaev

Scientific Secretary of the scientific council on award of Scientific degree of doctor of science Ph.D.

R.M. Mihridinov

Chairman of scientific seminar at scientific council on award of scientific degree a doctor of sciences, D. T. S., professor.

INTRODUCTION (Annotation of doctoral dissertation)

The urgency and relevance of the theme of the dissertation. Scientific research on development of metal layered compositions are being carried out in more than 30 countries of the world. A ten-fold increase in the speed of processing metal-working on machine-tools (3500 - 50000 rev / m), increase the impact of the internal stresses in the machining of components leads to higher quality requirements of the tool - tools and parts, in the whole improvement of production. This intern requires the high performance properties from the materials of details. As static information demonstrates that, every year in the world for the development of high-quality materials spent US \$ 5-6 billion, including Europe and the CIS countries is the number of 1 - 2 billion US dollars, and in the production in the highly countries 4 - 5 billion spent in US dollars. Currently, under the conditions of production intensification when manufacturing the quality products the development of metal and non-metal compositions with high mechanical properties is one of the important production tasks.

In the years of independence our country focuses on producing high-quality and competitive engineering products in the global market. The development of the engineering industry, its products, which must meet modern requirements to increase the reliability, safety and life of the manufactured machinery, apparatus and equipment and materials, improving their quality have led to significant results.

Nowadays, it is important to increase the economic efficiency of industries, on the development of a new composition of the materials produced, as well as the efficient and cost-effective improvement of technologies for the production of products by casting in order to enhance the performance of economic: in this aspect the purposeful scientific - research work is the very improvement, as well as the carryinj out of scientific - research in the direction of the development of composite materials using special metal layered compositions ensures product quality; development of technology for metal layered compositions; improvement of theoretical and technological bases of thermal treatment enhancing the strength of the metal layered compositions; creation and production of new energy and material saving metal layered compositions based on the latest scientific and technological achievements, which economize scarce tool materials and increase productivity. The above-mentioned research areas, and the results of research carried out in these areas are the justification of the relevance of the topic of this thesis.

The present thesis research to a certain extent is the implementation of the tasks provided in the Decrees of the President of the Republic of Uzbekistan,

№ PD - 2120 dated February 4, 2014. «On the program of localization of production of finished products, components and materials for 2014 – 2016» and № PD – 2298, dated February 11, 2015 «On the program of localization of production of finished products, components and materials for 2015 – 2019», and other normative-legal documents in this area.

Compliance of the research with priority directions of science and technology development of the Republic. This research was carried out on priority direction of Science and Technology development of the Republic II «Power engineering, energy and resource saving."

A review of international research on the thesis subject of dissertation¹.

Research was aimed at improving the production and thermal treatment technology held in many major centers and higher educational institutions of the world, including in «U. S. Smelting Refining and Mining Co "(USA), in Hiroshima "Toyo Co. ye" (Japan), in the "Reykin piston of Tokyo" (Japan) and "Cubota Iron and Mashinaru» (Japan), Institute of casting problems of the Academy of Sciences of Ukraine, in the Institute of Electrical welding named after E.O.Paton of the Academy of Sciences together with the production enterprise "Azovmash", scientific - research institute of hard alloys (Russia), and Tashkent State Technical University (Uzbekistan).

As a result of research carried out in the world in the production of metal layered compositions and the use of advanced production and thermal treatment technology there has been received a number of research results, including the technology for production of parts and tools with hard coatings and high durability (of the company «US Smelting Refining and Mining Co ", the United States," Toyo Co. ye Hiroshima "and" Reykin piston of Tokyo ", Japan); there has been developed a centrifugal casting method using two-layer rolls for hot and cold rolled strips (firm "Subota Iron and Mashinaru», Japan); has been developed the technology of casting metal layered composites (Institute of problems of casting of the Academy of Sciences of Ukraine); there has been developed the technology for producing multilayer die castings (Institute of E.O. Paton of Electric Welding of the Academy of Sciences of Ukraine, together with the production enterprise "Azovmash", Ukraine.); there have been developed the compounds of eutectic alloys, operating at high temperatures (Scientific - Research Institute of hard alloys, Russia); there has been developed the technology for producing hard-alloyed coatings from light composites (Tashkent State Technical University, Uzbekistan). There has been carried out the development on the composition and improving the thermal treatment on a number of priority areas in the world, as well the studies are conducted, including the development of new technology for the production of metal layered compositions; creation of theoretical and technological-logical basis of thermal treatment of metals; determining the formation of multi-metal systems arrangements; development of scientific bases of obtaining composite materials with given technological and performance properties.

¹In a review of international research - research on the topic of the thesis used www.okorrozii.com/zashitnpokrt.html (2000-2015); www.pokritiemetalla.ru (2005-2016); www.chemastu.ru/chair/study/genchem/r8_3.htm (2006-2016); www.tydexoptics.com/ru/materials/coatings/mccoatings/ (2000-2016); www.stroitelstvo-new.ru/metal/; Founderiefoun-dene danjord'hue (1984-2010); International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and technology (2006 -2016); Metallurgy and thermal treatment (2000 – 2016); Structure and fatigue crack resistance of multilayer materials produced by explosive welding// Advanced Materials Research (2010-2015) and other sources.

The degree of study of the issue. Research on the development of metal layered compositions and the creation of the theoretical basis of thermal treatment were conducted in the early twentieth century.

Scientific research of scientists of leading countries: Canet M. M., Stibel M.K., Kotrin Y. I., Keen W. L. devoted to obtaining parts with high strength, with the basis for the development of metal layered compositions. They developed a centrifugal casting method using a two-layer rolls, but there is a melting of the first layer exposed in the second - a metal portion. Goma C. A. and Beiss P. P. developed a technology of getting the parts and tools with hard coatings using metal layered rolls by centrifugal casting method. They determined the mechanism of metal melting-casting the first layer in the preparation of bimetal billets. The scientists - representatives of Independent States: Nagaitsev A.A. developed the technology of casting alloys when created the material of metal layered composites. Shevakin Yu.V., Piguzova V.N., Novikov I.I. reached the reduce of materials costs by 20 - 30%. Uzbek scientists Chekurov V.V., Galyautdinov M.N., Bekmurzaev N.H., Nurmuradov S.D. developed a technology for producing cast bimetal compositions and new alloy composition to create a wear-resistant coating compositions. They conducted research on the creation of cast bimetal compositions, and their research, and the development of technology for improving the strength of metal coating of new composite material.

Despite these numerous scientific results in the field of creation and application of metal layered compositions, there have not been established the theoretical and technological bases of production and thermal treatment of metal layered compositions. This can be seen by observing the formation of metal-layered compositions taking into consideration the quasipolycrystalline ability of liquid melt and the diffusion mechanism in the system "quasipolycrystalline melt - solid paste."

Connection of thesis topic with scientific research of the higher educational institution where the thesis is made. Doctoral Research carried out in the framework of the plan of scientific - research work at the Tashkent State Technical University within the framework of the project application threads: P-4.1.8.2 «The technology of wear-resistant structures on the surface of tillage products and hardening thermal treatment" (1997-1999), P-3.5 "Development of preparation and thermal treatment of metal layered compositions of soil cultivating working bodies TVB-135A " type (1999-2001), and 15-012 "Development of technology for wear-resistant coatings by hot pressing on the tools and parts used in mechanical engineering "(2009-2011).

The aim of the study is to develop the theoretical and technological bases for the development and thermal treatment of metal layered compositions of higher durability.

Research objectives:

- development of metal layered compositions with a high strength;
- development and improvement of theoretical and technological bases of the production and heat treatment of metal layered compositions;

Mechanism of formation is defined for metal layered compositions based on quasipolycrystalline liquid melt and the diffusion mechanism in the system "quasipolycrystalline melt-solid paste";

development of heat treatment technology to improve the performance properties of the material;

development of technology for metal layered compositions with casting method on gasified models;

determination of applied and economical aspects of the production technology of metal layered compositions.

The object of the study are tool steels, cast construction steels, molybdenum and its alloys, hard alloys and self fluxing alloys.

Subject of research consists of metal layered compositions of optimal compound and production technology of tools of high strength.

Research methods. The thesis selected modern theoretical and experimental-research methods of metal layered compositions (macro- and micro and X-ray analyzes, etc.). Strength and physical - mechanical characteristics of metal layered compositions and products are determined by the state standards requirements.

The scientific novelty of the research is as follows:

mechanism of metal layered compositions compounding has been revealed;

analytic methods describes the formation of internal strength stresses in metals crystallization has been improved;

optimal compound of metal layered compositions with high impact strength has been designed;

mechanism of formation of metal layered compositions based on the of quasipolycrystalline ability of liquid melt and diffusion has been revealed;

modes of thermal treatment of metal layered compositions have been developed;

appropriate functional dependences of metal layered and nonmetal compositions from the thickness of intermediate layer in the composition have been developed.

Practical results of the study. Produced and heat-treated tools, tillage and drilling tools.

The reliability of the results. Reliability of the derived results is based on exactly targeted production problems of metal layered compositions, their mathematical modeling of thermal processes and the digital resolving known methods and algorithms, as well as justification of comparison, of the results obtained theoretically by the results, experimental tests.

The scientific and practical significance of the study results.

The scientific significance of the research results in the preparation of metal layered compositions justified by conducting mathematical modeling of physical processes taking place and the use of their digital solutions.

The practical significance of the results of research on production and thermal treatment of high-performance metal layered compositions is useful for the creation of metal, tillage and drilling tools.

Implementation of the research results.

On the basis of manufacturing and thermal treatment of metal layered compositions:

wear-resistant coatings application technology with the method by hot pressing tools and components used in mechanical engineering for increasing the service life was applied the State Unitary Enterprise "Muborakneftegaz" (information of stock company "Uzneftgazdobicha" from October 26, 2016 N8/2-AK-778g). The introduced technology is enabled to increase the punching tool-life for five times;

the optimal compound of metal layered compositions for increasing the mechanical properties of components and tools was introduced at the joint venture «Alutex» (information of the JV «Alutex» from September 29, 2016, N259). The introduction of developed optimal composition of material of wear resistant coating is enabled to increase mechanical properties of metal layered compositions;

bimetal compositions of punching, metal-cutting and form tools for increasing of tools and components strength were introduced at the joint venture «Alutex» (information of the JV «Alutex» from September 29, 2016, N259). The introduction of developed bimetal tools enables to increase the strength for 1.5-2 times;

Testing results of the study. The results of studies on the topic of the thesis have been tested at 5 international and republican scientific - practical conferences, including: "Work and Methods of processing of local resources, raw materials and fuels, creation and development of new technological processes and equipment tooling" (Tashkent, 1994); "Modern trends in the automotive industry development in Russia" (Togliatti, Russia, 2004); "High technology and the development of higher education in the XXI century" (Tashkent, 2004); "Modern materials, equipment and technologies in mechanical engineering" (Andijan, 2014, 2016); "Engineering and Technology engineering: current state and further development" (Tashkent, 2016).

Publication of the research results. According to the thesis theme 33 scientific works were published. Among them, 18 scientific papers, including 15 in national and 3 international journals recommended by the Higher Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan for the publication of basic scientific results of doctoral theses.

The structure and scope of the thesis. Structure of the thesis consists of an introduction, five chapters, conclusion, list of references, Appendix. The volume of the thesis is 200 pages.

SUMMARY OF THESIS

In the introduction the urgency and relevance of the theme of the thesis are stated and the purpose and problems are formulated, as well as object, subject and methods of research, correspondence to the research priority direction of science and technologies of the Republic of Uzbekistan is presented, scientific novelty and

practical results of the study are outlined, the reliability of the results is proved, the theoretical and practical significance of the results is revealed, the results of the introduction of the thesis in the production and educational process, information on testing and published works, the structure and volume of the thesis are presented.

The first chapter of the thesis "**Current state of the problem of metal layered compositions development**" provides an overview of the current state of the problem of creating metal layered compositions (MLC), the existing technologies of creation of metal compositions, producing of cast metal compositions, the results of the study and analysis of the production technology of cast dies, technology of surface hardening of metal compositions, a method of casting on gasified models, the use of molybdenum alloys in modern technology, low-alloy molybdenum alloys, disperse-strengthened molybdenum alloys, high alloys based on molybdenum, as well as the thesis statement of objectives has been presented.

The results of the main analysis of the resulting cast metal compositions have been presented. A number of ways of obtaining bimetal and multilayer casts, their advantages and disadvantages have been considered.

An analysis of scientific, technical and patent literature shows that the most relevant and promising in the application of layered metal compositions is the method of casting on gasified models. Application of this method using metal layered compositions allows to develop the scientific basis of the production and thermal treatment of metal layered compositions, and it is one of the problems solved in this thesis.

The analysis of the technology of surface hardening of metal compositions has been carried out. There have been developed and used various ways to improve the durability, wear of machine parts at the stage of casting or subsequent processing. For obtaining a considerable layer of depth and the desired properties it is advisable to apply a method of doping the surface of castings.

Investigation and analysis techniques of surface hardening metal compositions showed that the bimetal and surface-alloyed castings have undoubted advantages compared with other methods for improving the wear resistance of castings on final results. In addition, both methods are technologically simpler and more cost-effective. That is why the development of technology for producing multilayer laminated compositions by casting in order to increase the wear resistance of the mating surfaces of parts and tools is a very promising direction, and the basis for this work.

The analysis from a critical view point of items manufacturing to meet the requirements of targeted highly efficient compositions and products (parts and tools) has been done, and the lack of scientific basis for the formation of metal layered compositions and products based on them becomes a barrier to the development of production technology.

The properties and applications of molybdenum alloys have been analyzed.

For high-temperature pressing of refractory metals the perspective one is the matrix which combines the advantages of the paste of the eutectic alloys of system

Mo-(W) -Ti-C for the zone of calibrating point and lead-steel area of the given geometry.

Disadvantages include alloy melting and casting technology, which is characterized by high labor intensity, complexity, and power consumption, and the machining process requires application of special tool with superhard cutting elements of the materials, all of which significantly reduce the efficiency of this alloy. In this connection it should develop a new base sintered alloy Mo-TiC, which eliminates the disadvantages of the eutectic molybdenum-based alloy.

An analysis of research on heat-treated metal layered compositions showed that the existing process conditions used do not take into account the uniqueness of the combination of different materials, which reduces the efficiency of thermal treatment of the results, does not allow to fully realize the potential of metal layered compositions. This makes it necessary to identify the main patterns of changes in the structure and properties of metal layered compositions speed steel, carbide, sintered system of molybdenum alloy Mo - TiC - cast structural steel, depending on the thermal properties and geometric parameters of the basic elements that make up a composition.

Theoretical background of necessity of scientific research basis to create MLC based on molybdenum alloys, as well as technologies for producing special purpose products with desired performance characteristics given in the form of the results of obtained patent, sources, determine the relevance of the following tasks:

- Study the formation mechanism of MLC s based on the quasipolycrystalline ability of liquid melt and the diffusion mechanism in the system " quasipolycrystalline melt - solid paste";
- Development of mathematical models of thermal processes and the formation of connections and voltages in MLC;
- Development of scientific - methodological principles of formation of special purpose products with desired performance;
- Development of new production technology tools for various purposes by casting on gasified models using MLCs thermal treatment specificity, as well as borating and boro-titanizing.

The second chapter "**Choice of objects and methods of research formation of the structure of metal layered compositions**" concerns the technique of research, testing and information about heat-treated metal layered compositions, as well as the characteristics of the materials.

Analysis of the current and prospective estimation of the possibilities of offered technology application have allowed to choose as objects:

- a) metalworking tools (*machine-building direction*), the most representative and widely used rigid tools: round die type M18h2 and M42; side-and-face milling cutters; grooved stamps; matrices for various purposes;
- b) tillage tools (*agricultural direction*) working organs for soil treatment, which is an important indicator of durability and maintenance of self-sharpening and most wearing undercarriage of excavators;
- c) on rock-destroying instruments (oil - gas and hydro- drainage direction): drill bits; bit; cutters.

The main goal of metal layered compositions development is to reduce the consumption of scarce alloyed steels, labor, creating a high level of compressive stress in the operating member of metal layered compositions both at the manufacture and at thermal treatment.

Taking into consideration the selected method for obtaining the metal layered compositions the casting on gasified models, as well as the fact that the basis for metal layered compositions should serve the cast metal alloys, as a tool component metal materials are taken.

It should be noted that the above group of materials performs the main role in tool production. It includes tool steels and hard alloys. The paper presents the chemical composition of the used tool steels, carbide and molybdenum, and their alloys.

In the thesis there have been used the modern theoretical and experimental methods for the distribution of elements over the cross section of the transition zone, which was determined on a scanning electron microscope S - 180 with energy dispersive X-ray microanalyzer in the solid-state detector Si (Li) «Link» system, macro- and microstructure of the transition zone of MLC's was studied by means of metallographic microscop-MIM - 8, "Neofot - 21" and a scanning electron microscope SEM - 200 as well as macroinstallation MBS-9, the internal stresses were measured with a strain gauges PDB - 10/100, as well as using X-ray - on X-ray diffractometer "DRON - 2.0" and a URS-55a, reverse camera shooting "CROS - 1" - on cobalt radiation. Strength and physical - mechanical characteristics of MLC and the end use products were determined in accordance with relevant state standards.

There has been examined and identified the possibility of using modern methods of mechanical testing for MLC, namely, static strength and stress state.

The third chapter "**Thermal features of a metal layered compositions**" of thesis concerns in detail the important task of developing a mathematical model of thermal processes of creating metal layered compositions, study of the basic laws of diffusion of the alloying elements, the development of methods of calculation of the diffusion coefficient and the depth of penetration into the liquid steel, study of options solid inserts the interaction of with liquid melt metal options for layered compositions by casting on gasified models.

Despite the constant developing instrumental technique hitherto very poorly studied issues relating to: the structure of inter-connection and properties of liquid metals and alloys; interaction of a liquid metal with the solid bodies.

Liquid metal is a combination of two structural components: ordered regions (clusters) and disordered zone, which is the essence of quasipolycrystalline fluid model.

From the positions of the quasicrystal model of liquid it can be asserted that case zone is formed in the main clusters, the rest (rapid freezing of the molten metal) solidified through clusters and disordered area.

When interacting with the molten metal surface of the paste, which may optionally be coated or designated bandage, covering or band pass elements in the molten steel and are distributed non-uniformly in it. Case area owing to lower

solubility in it of elements, will be depleted in dissolved elements, most of them are localized in the disordered zone.

Investigation of the diffusion mechanism in the transition zone at GMT at the presence of liquid steel to a certain extent makes it possible to evaluate interdiffusion between the components of the composition. Direct physical process occurring at the boundary paste - liquid steel is the diffusion.

To calculate the self-diffusion coefficient it is assumed that the radius of the diffusing atoms in the liquid metal is Goldschmidt metal radius, and the radius of the first coordination sphere is little different from the doubled metal radius, then

$$D = 0.15 \frac{kT}{h} (\delta z_1)^2 \quad (1)$$

where D - diffusion coefficient

k - is Boltzmann's constant,

h - Planck constant,

r - radius of the first coordination sphere,

$$\delta z_1 = \sqrt{\frac{\Delta z_1^2}{z_1}} \quad - \text{relative root-mean-square fluctuation of the first coordination}$$

number.

The same penetration depths mean velocity proximity of diffusing elements in the process of dissolution. The flows of soluble elements occur in the liquid steel, which means a high degree of their interaction with each other and the influence of the melt, i.e. possible forming of new phases. So the necessary conditions are implemented for the emergence of reactive diffusion.

The depth of the diffusion elements in the liquid iron was estimated by the formula

$$L = 2\sqrt{D\tau}, \quad (2)$$

where the D - diffusion coefficient, τ - interaction time.

The analysis of the diffusion mechanism of the structure and its determining role in the mechanism of formation of the contact in the transition zones suggests that only by varying the concentrations of the elements, temperature and duration of the process it is possible to obtain a given phase composition in the transition zone and eliminate the unwanted (brittle) intermetal phases.

Ready tool is a combination of different materials, therefore the requirements are not imposed separately to some material, but to their combination in the compositions.

The stresses, with a certain sign and magnitude of interaction, play an important role in creating the MLC and determine the reliability and operability of the total composition.

When creating a layered metal compositions to form different variants of a reliable connection between the components of the composition need to examine the distribution of liquid melt temperature in the cooling process. This makes it possible to predict the geometry of future metal layered composition before obtaining it.

In order to form a reliable connection in the MLC it is necessary to have a knowledge of mechanism and kinetics of processes occurring during the interaction of the melt with a paste - the working element of the tool material.

In very general terms the process of crystallization of ingots and castings consists of several successive stages: formation of small equiaxed zone "frozen" in the peripheral crystal in contact with the mold walls – crust, formation of zone of columnar crystals and equiaxed crystal zone.

The transfer of these general ideas on heterogeneous melt - paste allows to make some adjustments and clarifications. Firstly, when the melt interaction with a cold solid (paste contact surface) there is a large thermal hypothermia. A thermal shock is created in the liquid contact layer, operating only at the beginning of crystallization, resulting in a case zone - the zone of small disoriented crystals.

Second, the thermal shock completely defines the structure of the case zone, distribution of impurities dissolved in it.

In the abovementioned case, namely the case determines the conditions for the formation of the transition zone between the constituents of metal layered compositions, providing the required level of operational properties of metal layered compositions.

In order to determine the most probable scheme of the formation of bimetal connection process it is necessary to solve the following problems:

- determination of the temperature distribution in the volume of the billet at any moment in time for a given chemical composition components that constitute the system, their thermal properties, and the geometric dimensions, and given initial temperature distributions in the billet;

- determination of the temperature at any given point (or several predetermined points) in the billet at any time points:

- given chemical composition of the components that make up the system;
- their thermal properties, geometric dimensions for a given initial temperature distribution in the billet;

- determining the rate of cooling (or heating) of the billet material at a predetermined point (or several predetermined points) at any moment in time for a given chemical composition components that constitute the system, their thermal properties, the geometric dimensions of a given initial temperature distribution in the billet;

- determining the physical state of the material (the value of thermophysical properties of the material, its structural and physical state) of the billet at any given time at a given point (in several predetermined points) for a given chemical composition of the components making up the system, their thermal properties, the geometrical dimensions, for a given initial distribution temperatures in the billet.

The tasks listed above are classified as "Atypical transient heat conduction problem" because to obtain an analytic solution of these problems is not currently possible. Therefore, their solution seems promising to use the method of "Numerical mathematical modeling of physical processes", occurring in the billet in the process of cooling.

The most complete mathematical model of heat transfer in the billet, consisting of several different materials with different thermal properties, takes into account the presence of non-uniform space-time fields in the required quantities – temperature of billet's material which is in solid or in liquid (molten) state, heat flows, the radiation intensity of convective currents, etc. This model is a system of differential equations in partial derivatives, integral and integral-differential-equations. The implementation of such a model is difficult due to the complex structure and its large number of its constituent elements.

Universal method for the approximate solution of differential equations and systems of equations applicable to a very broad class of mathematical physics equations is the finite difference method (or the method of grids). Moreover, restrictions were imposed when considering the unsteady one-dimensional heat conduction problem. In solving the problem of thesis an implicit finite - difference balance is used.

It should be noted that the newly obtained residue energy may exceed the level necessary to complete the process of phase transformation of the neighboring cell. This rule is used up until the heat balance becomes zero. Thus, the developed algorithm for calculating the temperature distribution in the metal layered compositions makes it possible to predict, without any experimental studies, the possibility of formation of a reliable connection, and thereby create a whole composition.

There has offered a phenomenology of the interaction between the melt and solid paste, on which is provided a method of creating of metal layered compositions by casting on gasified models.

The fourth chapter of the thesis **"Development of scientific bases of powder compositions on the example of Mo-TiC and metal layered compositions"** concerns the created analyzes and technology of sintered powder composition Mo-TiC, and the results of the development of the technological basis for producing a metal layered compositions by casting on gasified models based on a new thermophysical model.

One of the main objectives of this work was the development of composition and technology of sintered powder Mo-TiC system composition. Besides the basic components Mo and TiC, in order to improve the process performance Ni, Fe, W, and LaB6 were injected into the composition.

Comparative alloy assessment was conducted by two characteristics flexural strength (σ_c) and Rockwell hardness (HRA). As known, these characteristics are well correlated with the following ones, such as hot hardness and heat resistance, serviceability and durability, defining the punching tools for hot forming. Therefore, the development of the alloy as the assessment criteria for determining the optimal composition of the σ_c and HRA. Optimization was conducted with the method of mathematical planning of experiments.

The optimum composition of a powder compound was obtained, which comprises: 45-47 % TiC; 1.5-2.5 % Fe; 1.5-2 % Ni; 0.5-1 % W; 0.1-0.2 % LaB6; Mo - rest.

An important role in obtaining a high level of properties plays a technology of preparation of the composition and its sintering modes. The technological process of manufacture of samples or products by the powder metallurgy method was produced by conventional processing schemes of hard alloys producing.

The studies revealed that the sintered composition Mo-TiC system has the following physical and mechanical properties:

coefficient of linear expansion $\text{grad.}^{-1} - 6.61 \cdot 10^{-6}$;

Density $\text{g / cm}^3 - 6.4 - 6.6$;

HRA hardness - 88 - 90;

flexural strength MPa - 800-1000.

Phase X-ray analysis showed that the composition of the alloy according to the optimum includes the following phases: TiS, Mo₂C, Mo (Ti).

Analysis of interference maxima and their form suggests a significant degree of alloying of the main phase and the presence of microdistortions of crystal lattice.

Investigation of the structure of the alloy mentioned above has shown that the basis of the alloy is equiaxed grains, with minor differences in size, the average diameter of the grain fluctuating in the range of 10-20 microns, which corresponds to 9 - 10 points (GOST -5639-65).

The basis consists of fine distributed second phase inclusions. The distribution differs by the uniformity throughout the grain body, with some rare clusters along the boundaries. As grain boundaries are occasionally surplus selection phase, indicating a liquid phase formation during sintering.

The hot hardness of sintered composition Mo-TiC system was determined by a special installation of high-hardness - UHT in the range of temperatures 20-1600 °C. Tests were carried out in the laboratory of the department "Metallurgy of steel and high-strength alloys" of Moscow Institute of Steel and Alloys.

There has been described the development and introduction of metal layered compositions for various purposes. When receiving the recommended castings it is necessary to design and manufacture the equipment, which is different from the known technology.

For the manufacture of metal layered compositions it is necessary to perform the following basic technological methods: preparing of foam polystyrene for the production of foam model; manufacturing of tool's foam model; preparation of the working element; preparing and obtaining of casting; getting tool.

Obtaining of metal layered compositions of a type cast structural steel - work paste is possible in the case of the comparability of physical and mechanical properties of materials. The compositions of this type are a connection between the tool and cast structural steel. The main advantage of this class of compounds is the reducing of the consumption of alloy tool steels, due to the partial replacement of their more affordable structural steel and reducing the complexity of manufacturing punching and multiedge cutter of a complex profile.

The composition cold work tool steel - cast structural steel was selected for the manufacture of circular dies - matrices (Figure 1).

Analysis of the ratio of the geometric parameters of the working elements and the tool bodies allowed to establish that for this class of instrument the paste thickness in the contact area with the melt should be 2-5 mm.

Microstructural studies were conducted on the use of metal layered compositions with hard working element made of the cold work tool steel. The study of the metal layered composition steel 9HC - steel 40HL the round dies M18x2 and M42 have been tried to manufacture. The various flux ($\text{Na}_2\text{B}_2\text{O}_7$ and others) were used in the compositions as an intermediate layer.

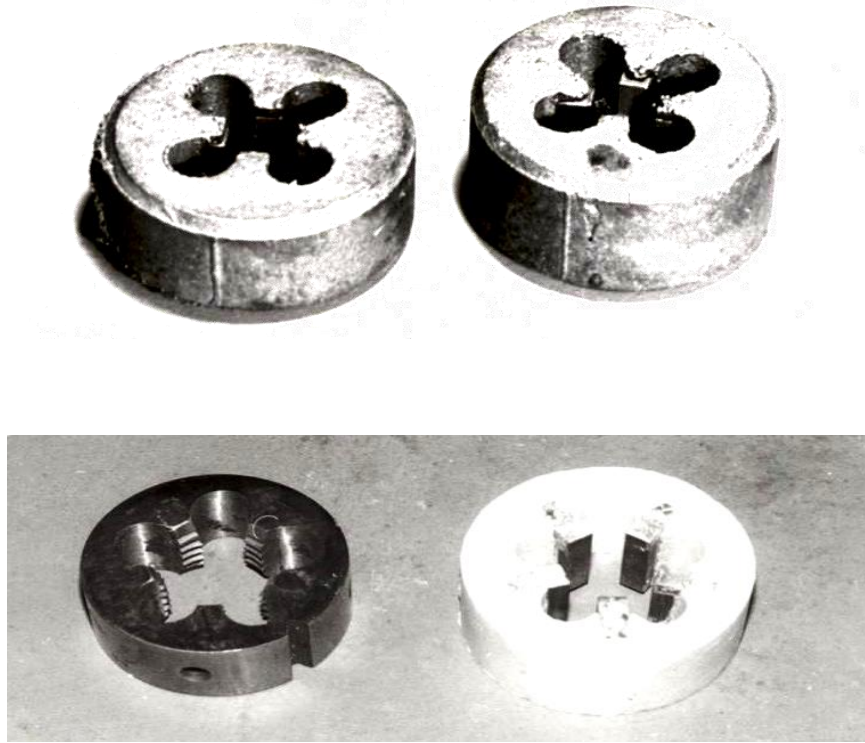


Fig. 1. Metal layered compositions "9HC steel - cast structural steel 40HL" - cast circular dies.

As previously was indicated, for the manufacture of complex multiedge cutter the compositions of hot-work, high-speed steels - cast structural steel were used. The specificity of the operation of a given class of tool is due to the high requirements to the tool body, operating under the dynamic and cyclic loads (steel 40HL, 40HGL, 40HGFIL). As hot-work tool steels the steels: R6M5, 10R6M5-MP, R6M5K5 and others were selected.

Variant with an intermediate layer is practically the unique for compositions, the components of which have very different physical characteristics. These compositions are solid alloys - steel, molybdenum alloys - steel. For punching tools (matrices for hot metal pressing) and drilling tools (drill bits, chisels, and milling cutters) the pastes made of hard alloys intended for brazed tool were used. To create compositions as a material of the intermediate layer the alloys of Cu-Ni-Mn system, Cu-Ni with a thickness of 0.2 - 0.6 mm, sprayed by the plasma-method, were used.

As indicated above, for the tools body casting structural steel was used, and as its main working part molybdenum and its alloys (MCH VM and Mo-TiC), as well as the hard alloys of VC and TC group.

The mechanism of the formation, composition, structure, physical and mechanical properties of metal layered compositions of a type "cold work steel - structural steel", "hot-work steel - structural steel," "hard metal - structural steel" and "molybdenum and its alloys - structural steel" were fully studied (Figure 2).

Study of metal layered compositions of a type "tool material - structural steel" confirmed the obtaining of continuous compounds.

The proposed version of the MLC production technology with low-melting working element was intended mainly for the manufacturing of tillage tools of different types. In this case the powder hard alloys in the binder are applied in the form of a paste or are placed in the form of premanufactured pastes in a cavity specially prepared. The melting temperature at the time of pouring 1650-1700°C. The use of boron compounds for the manufacture of various composite materials having a high level of mechanical, thermal, electrical and other properties, gets quite widespread, above all, by the use of boron compounds themselves. It should be noted that the boron carbide possesses a particular complex of physico-mechanical properties. "Pastes" were the alloys of Fe-Cr-C system; namely PG-C27 and PG-C27-TH-20, as well as the base substrate casting structural steel 65GL. In this case, the cover - "paste" is melted completely while maintaining the sinter skin.

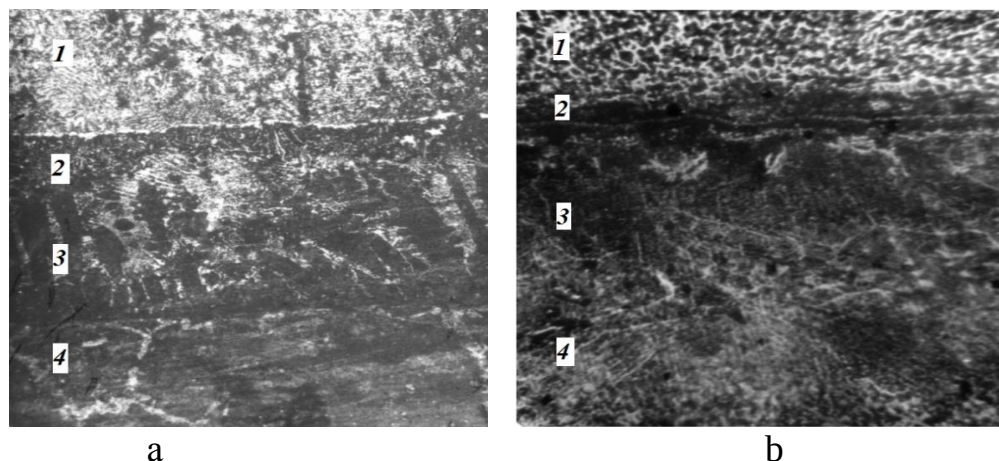


Fig. 2. Microstructure of transition zone of metal layered compositions: " sintered alloy of Mo- TiC - PR N58F - cast structural steel 40HNML " (a), a layered metal composition "sintered alloy Mo-TiC-Ni - cast structural steel 40HNML" (b). X150

1-area of migration; 2, a zone on the base of transition layer material; 3- sinter skin; 4- carburizing zone

The thickness of the coating compositions of the PG-C27 - steel 65GL, PG-C27-HS-20 - 65GL steel ranged from 2.8-3.2 mm. Discontinuity in the transition zone is not detected.

As a result, consideration of the mechanism and characteristics of the formation of all types of connections allowed to predict the course of the process and select the technological conditions for the creation of this sort compositions.

The results of macro- and microstructural studies of the compositions showed that the discontinuity in the transition zone is not detected. Indicators of microprobe analyzes of the compositions have high depths of mutual penetration of elements Cr, Ni, W up to 300 microns and deep. Distribution of microhardness over the cross section of the compositions showed that the highest hardness (1100-1400 HV) has a carbide sub-zone, then the curve monotonically decreases in hardness of the eutectic and hypoeutectic subzones and reaches a minimum in the area of the sinter skin and carburizing, 250 ... 350 HV.

Taking into account and summarizing the results of the research of all types of compositions, one can imagine the mechanism and features of connections formation between the elements of the composition with the participation of the intermediate layer.

There has been determined the mechanism and installed the features of forming a connection between elements of metal layered compositions, in which the contact of the melt of structural steel with the paste surface - working, cutting element crystallizes to form a solid sinter skin followed by melting the material of the intermediate layer and the interaction of the resulting melt with limiting it solid surfaces: on the one side of the tool material, on the other – of steel. The result is a transition zone of composition having a complex structure and phase composition comprising the interaction products between the elements of the melt and the basic constituents of the composition. Based on these studies (study of the microstructure, microhardness, the distribution of elements in the transition zone, X-ray analysis) there has been developed a production technology for a number of metal layered compositions for metal-cutting and tillage tools. Analysis of the mechanism and characteristics of the formation of all obtained types of compounds of metal layered compositions allows to predict the course of the process and select the process conditions for the creation the layered metal compositions with desired properties.

The fifth chapter **"Improving the scientific - technological fundamentals of thermal treatment of metal layered compositions and economic efficiency of production technology"** concerns the results of the study of basic regularities of thermal treatment of metal layered compositions in order to manufacture a variety of tools and study of physical and mechanical properties of synthesized metal layered composition, determination of toughness, static strength of metal layered compositions, engineering-and-economical performance of the implementation of production technology of the tools made from metal layered compositions.

In the manufacture of industrial products the manufacturing process is designed to create in areas exposed to large loading during operation the residual compressive stresses in the surface layers of the article, in order to improve its durability, strength and other characteristics.

However, the most important is the development of optimal regimes of thermal treatment of metal layered compositions that create high level of residual compressive stresses in the working element of the instrument.

During the thermal hardening in metal systems, in addition to the structural transformations, there occurs the volume changes associated with different

parameters of the crystal lattices of the structural components involved in the transformations. Volume changes cause the appearance of internal stresses.

Comparison of the results of life tests of serial monolithic and bimetal dies (Tables 1 and 2) allows to point out the fact that the resistance of bimetal dies M42 is higher, while the resistance of dies M18x2 is lower than the latter of mass-produced counterparts. This is explained by strained state of working elements (see Table 2): working element of the dies M42 is in a state of uniform compression, while the dies M18x2 in the crossover direction and on the height of the pastes tensile stresses are fixed (Tables 1 and 2) .

Influence of the scale factor on the resistance of metal layered compositions and stress state of working elements are due to changes in the ratio between the amount of thermal and structural stress and total stress of the working element. It is known that the occurrence of thermal stresses is connected with difference in the cooling speed in different sections of a casting, and the occurrence of structural stresses is connected with phase transformations.

Table 1

Results of tests of resistance dies made of various materials

Type of a die	Form of a die	Mode of thermal treatment*	Resistance, S MM		Note
			steel 45	12X18H10T	
M30	solid	standard	4520	2340	S-average arithmetic value of durability at n = 20
	MLC	stepped	5016	2855	
M27x2,0	solid	standard	4400	2460	
	MLC	stepped	4874	2899	
M16	solid	standard	5300	2760	
	MLC	stepped	5720	3166	

* Standard hardening thermal treatment of 860°C in oil, otp.180°C.

Stepped hardening 860°C heating, cooling at temperature of 220-240-300 ° C, then the oil, tempering 180 ° C.

Table. 1 and 2 show the results of the test on resistance at standard and stepped thermal treatment of solid and metal layered round dies. As a result, there are changes in the state of stress of the working element of metal layered compositions (see. Table. 2).

The dies M42 and M27x2,0 compressive stresses increased on average by 10-15% in all three areas, and in M18x2 dies the all-round compression was achieved. There has been also developed the technology of thermal treatment of composition of type hard alloy - steel, molybdenum and its alloys - steel.

A thermal treatment technology was developed for applying to a metal layered compositions steel 35HNML - VPr-2 - VK15 for thermal treatment of hard-alloyed matrix die.

Table 2

Changing of the stress of working element made of steel HVSG in dies from metal layered compositions with the carrier base made of steel 40HL depending on thermal treatment conditions

Type of a die	Form of a die	Mode of thermal treatment*	Stress in the working element, MP		
			lengthwise	crossover	on the height
M30	MLC	standard	-584	-406	-284
	MLC	standard	-622	-435	-312
M27x2,0	MLC	standard	-475	-322	-260
	MLC	standard	-541	-376	-302
M16	MLC	standard	-309	+478	+215
	MLC	standard	-415	-241	-134

* Standard hardening thermal treatment of 860°C in oil, otp.180°C.

It is known that the value, the sign of stresses in the working elements of the matrices is largely determined its resistance. In this regard, there have been conducted the gauge-strain studies of internal residual stresses occurring in the paste of Mo - TiC depending on the method of production, as well as before and after thermal treatment. The results of the internal values of residual stresses in the operating member of paste from Mo-TiC are presented in the thesis. The standard hardening thermal treatment adopted for steel 40HNML increases the stress level in 2 times. Creating of internal residual compressive stresses on the working surface of the matrix is the result of impact, on the one hand, the difference of thermal expansion coefficient of the alloy Mo- TiC and steel, on the other hand, the phase recrystallization process in steel component of composition occurring with the formation of martensite.

Tests were carried out using the installation- 1231 U 10 on samples for each variant of metal layered compositions.

Every batch, in turn, was divided into two parts. One of them was tested in the initial state, i.e. only after mechanical polishing, the other - after passing the standard hardening thermal treatment on modes recommended for instrumental component of the composition: 1 - Composition 9XC steel - steel 40HL; - Hardening in oil 860°C, tempering 160-190°C - 1 hour; 2 - The composition of steel R6M5 - 40HL steel and steel R6M5 - steel 40HGF1L; - Hardening in oil 1260°C, tempering 560°C x 3 fold in 1 hour.

The test results showed that with die casting module increasing the composition's static strength increases by 20-30%. For samples subjected to hardening thermal treatment, there is increasing of composition strength limit on shear and break at an average 8-15%. Determination of static strength between the components of this group of compositions was performed on special samples with cylindrical and flat pastes. The tests carried out have shown that in this case the performance of the compositions increased by 15 - 20%.

Indicators of statistical strength of the compound in the compositions with complete melting of a paste alloy PG-C27- steel 65GL and alloy PG-US25- steel 65GL are given in Table. 3.

Test results showed that the critical crack opening displacement value of all bimetal samples in the cast and in the thermal treated condition, up to 10-20%.

The test results showed that the resistance of the matrices during compaction of molybdenum grade MCH made from cast compositions to 10 - 15% higher than with standard matrices obtained by pressing.

Table 3

The static strength of compound in the MLC with the complete paste melting

Composition	Resistance, MP		Note
	on shear τ	on break σ_s	
Alloy PG-C27 -65GL	160-240	250-320	Thickness of a hard-alloy coating - 4.0-5.0 mm.

The results of the research are the scientific methodical basis for MLC development and implementation at "Machine-tractor park of Tashkent region", with an annual economic effect 80000000 sums, JV "Alutex" Ltd. with an annual economic effect 85000000 sums, UDP "Mubarakneftgaz" with an annual economic effect 6900000 sums, the "Pulat kuyish" open type enterprise with an annual economic effect 22023600 sums, and others.

The scientific-practical results obtained are implemented in the educational process at the "Materials Science" department of Tashkent state technical university named after Abu Raykhan Beruniy, as well are used at lectures delivering and laboratory works carrying out for bachelor and master course students.

CONCLUSION

On the basis of the conducted researches on the doctoral dissertation on the subject "Development of theoretical and technological basis of production and thermal treatment of metal layered compositions" the following conclusions are provided:

1. The mechanism of interaction with the liquid metal with surface of the insert metal layered compositions. These mechanisms will be useful in the long-term creation of metal layered compositions.

2. Mechanism of diffusion is identified for metallic layered compositions make it possible to assess the interdiffusion of the components of the composition.

3. Developed conditions of formation a transition zone between components of the metal layered compositions. It is very important in forming metal layered compositions.

4. Developed mathematical model of thermal processes of creation of layered metal compositions. The worked out algorithm for calculating of temperature distribution in obtaining the metal layered compositions results the creation of a composition with desired properties without preliminary experiments.

5. Developed the optimal composition of the powdered alloy based on Mo – TiC and physical-mechanical and technological properties of the powdered alloy Mo – TiC all results exceed the known cast eutectic alloy system Mo-TiC.

6. There have been worked out the bases of working elements preparing from the tooling materials, necessary and sufficient for the forming of a reliable and efficient composition. These technological basics play an important role in the obtaining of metal layered compositions.

7. On the basis of a carried out research there have been developed the original technologies of obtaining of some metal layered compositions of the end use for metal working, soil cultivating and drilling tools.

8. The analysis of the mechanism and peculiarities of the forming compounds of all obtained types of metal layered compositions allows to predict the process flow and to select the technological conditions for development of metal layered compositions.

9. Heat treatment modes is developed for metal layered compositions. These modes may be useful in creating a perspective metal layered compositions with a high mechanical and technological properties.

10. In terms of efficiency, reliability durability, designed metal layered compositions are not inferior to the serial counterparts. This gives possibility of using metal layered compositions for fabricating tools and details.

11. There have been defined the applied and economical constituents of technology of manufacturing of metal layered compositions of the end use tools. These factors are necessary at the manufacturing of metal layered compositions.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Норхуджаев Ф.Р., Чекуров В.В., Мирсолиев М.М. Литые биметаллические композиции молибденовый сплав – сталь//Вестник ТашГТУ, 1995. - №1-2. – С.127-131 (05.00.00 №16).
2. Норхуджаев Ф.Р. Работоспособность и надежность литых биметаллических композиций // Вестник ТашГТУ, 1999. - №1-2.- С. 84-86. (05.00.00 №16).
3. Норхуджаев Ф.Р. Разработка состава спеченной порошковой композиции на основе Мо-TiC для штампового инструмента // Вестник ТашГТУ, 2000 . -№1.- С. 23-26.(05.00.00 №16).
4. Норхуджаев Ф.Р. Некоторые физико-механические и технологические свойства спеченного сплава на основе Мо-TiC // Вестник ТашГТУ, 2001. -№1.- С. 91-93. (05.00.00 №16).
5. Норхуджаев Ф.Р. Состав, строение и свойства переходной зоны биметаллической композиции молибденовые сплавы- литейные конструкционные стали //Вестник ТашГТУ, 2001 . -№2.- С.99 – 102. (05.00.00 №16).
6. Норхуджаев Ф. Р., Нурмурадов С. Д., Тилабов Б. К. Литые биметаллические композиции для штампового инструмента различного назначения // Вестник ТашГТУ, 2001 . - №4.- С. 71- 74. (05.00.00 №16).
7. Норхуджаев Ф. Р., Алимжонова Д. Р. Разработка технологии производства лемеха литьем по газифицируемым моделям// Вестник ТашГТУ, 2003. -№2.- С. 62-64. (05.00.00 №16).
8. Норхуджаев Ф.Р. Общая характеристика металлокерамических твердых сплавов и перспективы улучшения их свойств //Вестник ТашГТУ, 2004 . -№3.- С. 98-101.(05.00.00 №16).
9. Норхуджаев Ф.Р. Комплексное исследование, связанное с разработкой сложно профильных инструментов по технологии литья методом газифицируемых моделей // Вестник ТашГТУ, 2005. Специальный выпуск С. 190-193. (05.00.00 №16).
10. Норхуджаев Ф. Р. Технология получения и применения литых биметаллических композиций для различных видов металлообрабатывающих инструментов // Вестник ТашГТУ, 2008. - №2 – 3.- С. 206 – 208. (05.00.00 №16).
11. Норхуджаев Ф. Р., Джалолова С. Т. Применение молибдена и его сплавов в современной технике // Композиционные материалы, 2011.- №2.- С.76-78. (05.00.00 №13).
12. Норхуджаев Ф. Р. Теория и технология разработки новой порошковой композиции Мо-TiC// Композиционные материалы, 2011. - №3.- С. 55-58. (05.00.00 №13).

13. Норхуджаев Ф. Р. К вопросу решения одномерной задачи об остывании тонкого композитного стержня // Композиционные материалы, 2012. - №4.- С. 42-45. (05.00.00 №13).

14. Норхуджаев Ф. Р. Исследование металлических слоистых композиций для металлообрабатывающих инструментов // Композиционные материалы, 2013. - №1.- С. 59 – 61. (05.00.00 №13).

15. Норхуджаев Ф. Р., Мавлонова С. Ф. Повышение износостойкости и долговечности лемехов ярусных плугов для обработки почвы // Композиционные материалы, 2016. - №1.- С. 70 -74. (05.00.00 №13).

16. Norknudznaev F. R., Nazarov A. M., Yakubov L. E. Sintered powder composition on the basis of Mo – TiC. India. International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and technology, 2016. - Vol.3, Issue 7, July. pp. 2347-2350. (05.00.00 №8).

17. Norknudznaev F. R., Nazarov A. M., Kovesnikov S. V., Mavlonov Sh. A., Khurbanbaev Sh. Z., Ataullaev A. O. The fiber-optical sensor for chromate-graphic measurements. India. International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and technology, 2016. - Vol.3, Issue 8, August. pp. 2463-2467. (05.00.00 №8).

18. Norknudznaev F. R., Yakubov L. E. Actual prospects of application of type “Fss – an intermediate alloy – solid working element” in manufacture of drill tools. Austria. European Sciences review Scientific journal, 2016. -№ 7 – 8 (July - August). – pp. 176 – 178. (05.00.00 №3).

II бўлим (II часть; II part)

19. Норхуджаев Ф. Р., Чекуров В. В., Мирсалиев М. М., Нурмурадов С. Д., Джумаева А. Х., Расулов А. Х. Металлга ишлов берувчи асбобларга термик ишлов бериш усули. //Патент. Ўзбекистон Республикаси Фан ва техника давлат қўмитаси, Давлат патент идораси, Расмий ахборотнома, 1995. №4 (10), 64-65 бет.

20. Патент № 2351. В.В. Чекуров, М.М. Мирсолиев, А.М. Богомолов, Л.Г. Кабакова, Ф.Р. Норхуджаев, С.Д. Нурмуродов (21) INDP 9400508, 1 (22) 12.07.94 (45) 30.03.95, Бюлл. № 1. (54) Металл–сополи материал.

21. Патент № 2348 М.М. Мирсолиев, В.В. Чекуров, С.Д. Нурмуродов, Ф.Р. Норхуджаев (21) IN DP 9400493, 1 (22) 07.05.94 (45) 30.03.95, Бюлл. № 1. (54) Каттиқ қотишмали асбобга киздириб ишлов бериш усули.

22. Норхуджаев Ф.Р., Нурмурадов С. Д. Спеченная порошковая композиция Мо–TiC для штампового инструмента. «Махаллий бойликлар, хом ашё ва ёқилғиларни ишлаш ва қайта ишлаш усуллари, янги - технологик жараёнларни яратиш, ўзлаштириш ва уларни жиҳозлаш воситалари» га бағишланган Республика илмий - техникавий анжуманида қилинган маърузалар баёни, 1994. -21 бет.

23. Норхуджаев Ф. Р. Применение безвольфрамовых твердых сплавов на основе Мо-TiC для обработки металлов резанием // Высокие технологии и развитие высшего образования в XXI веке; Труды второй международной научно-технической конференции. 2004. Ташкент- С.351-352.

24. Норхуджаев Ф. Р. Разработка технологии получения безвольфрамового твердого сплава на основе Мо-TiC для режущего инструмента // Вест-ник автомеханического института. Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием на тему: «Современные тенденции развития автомобилестроения в России». Тольятти 26-28 мая, 2004.- С. 123-125.

25. Норхуджаев Ф. Р. Литые биметаллические композиции «молибденовый сплав-сталь» для штампового инструмента // Техника и технология.- Россия, 2009.-№1.- С. 10-12.

26. Норхуджаев Ф. Р. Перспективы применения металлической слоистой композиции в производстве металлообрабатывающих и буровых инструментов // Нефть ва газ, 2013. -№1.- С.26-29.

27. Норхуджаев Ф. Р. Актуальные перспективы применения металлической слоистой композиции типа «Литейный конструкционный сталь – промежуточный сплав – твердый рабочий элемент» в производстве буровых инструментов // Нефть ва газ, 2013. Специальный выпуск, С. 114-118.

28. Норхуджаев Ф. Р. Исследование и анализ технологии создания металлических композиций // Сборник материалов международной научно-технической конференции на тему: “Современные материалы, техника и технологии в машиностроении” - Андижан, 19-20 апреля 2014 года, С.38-40.

29. Норхуджаев Ф. Р., Джалолова С. Т. Современное состояние проблемы создания металлических слоистых композиций (МСК) // Сборник материалов международной научно-технической конференции на тему: “Современные материалы, техника и технологии в машиностроении”.- Андижан, 19-20 апреля 2014 года.- С.41-42.

30. Норхуджаев Ф. Р. , Шокиров Ш. М. Ишлаб чиқаришда иссиқ ҳолда пресслаш усули билан ейилишга чидамли қопламалар қоплаш технологияси: Монография. ТошДТУ, 2014. 4,65 б.т.

31. Норхуджаев Ф. Р. Численно – аналитический подход к разработке теплофизической модели создания износостойких материалов для бурового инструмента // Нефть ва газ, 2015. -№2.- С. 19-23.

32. Норхуджаев Ф.Р. Разработка и исследование теплофизической модели создания износостойких металлических слоистых материалов для буровых инструментов // Азербайджанское нефтяное хозяйство, 2015. - № 11.- С. 52-59.

33. Норхуджаев Ф. Р. Современное состояние проблемы создания металлических слоистых композиций (МСК) // III Международная научно-практическая конференция: «Современные материалы, техника и технологии в машиностроении» посвященная 20 летию АО «Узавтосаноат» и 5 летию Андижанского машиностроительного института. Сборник научных статей. 19-21 апреля 2016 года.- Андижан.- С.270-275.

Автореферат «ТошДТУ хабарлари» журнали таҳририятида таҳрирдан
ўтказилди.

Босишга рухсат этилди: _____ 2016 йил
Бичими 60x45 ¹/₁₆, «Times New Roman»
гарнитурда рақамли босма усулида босилди.
Шартли босма табағи 5. Адади: 100. Буюртма: № _____.

Ўзбекистон Республикаси ИИВ Академияси,
100197, Тошкент, Интизор кўчаси, 68

«АКАДЕМИЯ НОШИРЛИК МАРКАЗИ» ДУК