

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ВА
ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ
ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.27.06.2017.FM / Т.03.04 РАҚАМЛИ
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

БАХАДИРОВ КУДРАТХОН ГАЙРАТОВИЧ

**ЛИСТЛИ МЕТАЛЛАРНИ СОВУҚ ПРОКАТЛАШ ЖАРАЁНИНИ
ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

**05.02.01 – Машинасозликда материалшунослик. Қўймачилик. Металларга термик ва
босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва ноёб металллар металлургияси**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент–2017

Техника фанлари бўйича

фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по
техническим наукам**

**Contents of the author's abstract of the thesis of the Doctor of Philosophy
(PhD) in the technical sciences**

Бахадиров Кудратхон Гайратович

Листли металлларни совуқ прокатлаш жараёнини
такомиллаштириш

3

Бахадиров Кудратхон Гайратович

Совершенствование технологического процесса холодной
прокатки листовых металлов

17

Bakhadirov Kudratkhon Gayratovich

Improvement of the technological process of cold rolling of sheet
metals

31

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works

34

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ВА
ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ
ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.27.06.2017.FM / Т.03.04 РАҚАМЛИ
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

БАХАДИРОВ КУДРАТХОН ГАЙРАТОВИЧ

**ЛИСТЛИ МЕТАЛЛАРНИ СОВУҚ ПРОКАТЛАШ ЖАРАЁНИНИ
ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

**05.02.01 – Машинасозликда материалшунослик. Қўймачилик. Металларга термик ва
босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва ноёб металллар металлургияси**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент–2017

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2017.1PhD/Т69 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент давлат техника университетида бажарилган.

Диссертация автореферати икки тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасининг (www.tadqiqotchi@tdtu.uz) ҳамда «ZiyoNet» ахборот-таълим порталида (www.ziynet.uz) жойлаштирилган.

Илмий маслаҳатчи: **Сайдахмедов Равшан Халходжаевич**
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар: **Махкамов Руфат Гулямович**
техника фанлари доктори, профессор
Абдуллаев Фатхулла Сагдуллаевич
техника фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот: **«Олмалик тоғ-металлургия комбинати» АЖ**

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат техника университети ва Ўзбекистон Миллий университети ҳузуридаги илмий даражалар берувчи DSc.27.06.2017.FM / Т.03.04 рақамли Илмий кенгашнинг 2017 йил _____ соат _____ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100095, Тошкент, Университет кўчаси-2. Тел./факс: (998971) 227–10–32 e-mail: tadqiqotchi@tdtu.uz).

Диссертация билан Тошкент давлат техника университети Ахборот–ресурс марказида танишиш мумкин (_____ рақам билан рўйхатга олинган.) Манзил: 100095, Тошкент, Университет кўч. 2. Тел: (998971) 226-46-00

Диссертация автореферати 2017 йил “_____” _____ да тарқатилди
(2017 йил “_____” _____ даги _____ рақамли реестр баённомаси)

К.А.Каримов
Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш раиси, т.ф.д., профессор

Н.Д.Тураходжаев
Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш илмий котиби, т.ф.д., доцент

Р.М.Михридинов
/Илмий даражалар берувчи илмий
семинар раиси, т.ф.д., профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда юздан ортиқ мамлакатларда листли металлларни прокатлаш усулида буюмлар ишлаб чиқишда унинг сифатини яхшилаш, хизмат муддатини ошириш ва энергия тежамкорлигини таъминлашга қаратилган тадқиқотлар олиб борилмоқда. Машинасозлик соҳасида 40% дан ортиқ металл буюмларга прокатлаш усулида ишлов берилади. Сўнгги йилларда листли металлларни совуқ ҳолда прокатлашнинг энергиятежамкор усуллари ишлаб чиқишга катта аҳамият берилмоқда. Шу билан бир қаторда прокатланган листларнинг механик хоссаларига қўйиладиган талабларнинг ошиши совуқ ҳолда пластик деформациялаш усули билан олинадиган листли металлларни ишлаб чиқишда ички зўриқиш кучларидан холи бўлган маҳсулот олиш технологияларини яратиш муҳим вазифалардан бири бўлиб қолмоқда.

Республикамиз мустақилликка эришгандан буён мамлакатимизда енгил автомобилларни ишлаб чиқариш йўлга қўйилиб, жаҳон бозорида рақобатбардош бўлган автомобилларни ишлаб чиқариш билан бир қаторда унинг бутловчи қисмларини локаллаштиришга алоҳида эътибор қаратилди. Бу борада автомобилсозликда қўлланиладиган листли прокат қисмларни тайёрлаш технологиясини ўзлаштиришда сезиларли натижаларга эришилиб, жумладан маҳаллий хомашёдан лист хомакиларини тайёрлаш имкони яратилди, керакли геометрик ўлчамдаги лист хомакиларини тайёрлаш учун технологиялар ишлаб чиқилди, прокатлаш усулида олинаётган лист маҳсулотларининг таннархи пасайтирилди. Шулар билан бир қаторда металлургия комбинатларининг экспорт қилинаётган прокат маҳсулотларини ишлаб чиқаришда уларнинг рақобатбардошлигини таъминлайдиган энергиятежамкор технологияларни такомиллаштиришни талаб этмоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан « ... миллий иқтисодиётнинг рақобатбардошлигини ошириш, ... иқтисодиётда энергия ва ресурслар сарфини камайтириш, ишлаб чиқаришга энергия тежайдиган технологияларни кенг жорий этиш» вазифаси белгилаб берилган. Ушбу вазифани бажаришда металлургия комбинатларида қўлланиладиган иссиқлайин прокатлаш ўрнига энергиятежамкор технология асосида листли металлларни совуқ прокатлаш жараёнини такомиллаштириш асосида маҳсулот сифати ва рақобатбардошлигини ошириш муҳим масалалардан бири ҳисобланади.

Жаҳон тажрибасида листли металлларни совуқ ҳолда прокатлаш жараёнини такомиллаштиришга катта аҳамият берилмоқда. Жумладан, листли металлларни прокатлашда ўтимлар сонини оптималлаш, прокатлаш тезлиги ва листга тушадиган босимнинг маҳсулот механик хоссаларига таъсирини камайтириш технологиясини ишлаб чиқиш, прокат станларининг оптимал конструкциясини ишлаб чиқиш мазкур соҳани ривожлантиришнинг асосий омилларидан ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта устувор йўналиши бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони, 2011 йил 29 июлдаги ПҚ-1590-сон «2011 - 2013 йилларда саноат кооперацияси асосида тайёр маҳсулотлар, бутловчи буюмлар ва материаллар ишлаб чиқаришни маҳаллийлаштиришни янада чуқурлаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2016 йил 26 декабрдаги ПҚ-2698-сон «2017- 2019 йилларда тайёр маҳсулот турлари, бутловчи буюмлар ва материаллар ишлаб чиқаришни маҳаллийлаштиришнинг истиқболли лойиҳаларини амалга оширишни давом эттириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарорлари 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 мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг II. «Энергетика, энергия ва ресурстежамкорлик» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Дунё тажрибасида листли металлларни босим билан ишлаш учун турли технологиялар ишлаб чиқилган. Такмиллаштирилган микроструктурага эга листли металлларни олишда прокатлашнинг ҳамда босим билан ишлов беришнинг технологиялари яратилган.

Жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасаларида, жумладан, Жанубий Калифорния университети (АҚШ), Шимоли-ғарбий политехника университети (Хитой), Дрезден техника университетининг Материалшунослик институти (Германия) ҳамда мустақил давлатлар ҳамдустлиги олимлари томонидан прокатлаш жараёнини такомиллашган технологиясини ишлаб чиқиш учун муҳим илмий ишланмалар қилинган. Улар металлларнинг прокатлаш технологиясини такомиллаштиришда янги прокатлаш станлари конструкцияларини ишлаб чиқиб, олинаётган материалнинг физик ва механик хоссаларини оширишга эришган.

Ўзбек олимларидан Ф.С.Абдуллаев, Р.У.Каламазов, Р.Г.Маҳкамов ва бошқалар лист материалларига босим билан ишлов беришда маҳсулот юза текислигини оптималлаш, ишчи юзаларнинг мустаҳкамлигини ҳамда буюмларнинг ейилишбардошлигини оширишни таъминлайдиган технологияларни ишлаб чиқишган. Профессор Р.Х.Сайдахмедов прокат станларининг конструкциясини такомиллаштириш орқали маҳсулотнинг ички зўриқиш кучларини камайтиришга эришган.

Ҳозирги кунгача пластик деформациялашни юқори босимда бураш ва тўғри каналли бурчакли пресслаш усуллари мавжуд бўлиб, улар фақат узлукли жараённи ўз ичига олади. Ҳозирги вақтда узлуксиз технологияларни қўллаш ва мавжуд технологияларни такомиллаштириш, ҳамда прокатлашнинг энергиятежамкор технологияларини ишлаб чиқиш етарли даражада ўрганилмаган, республикада металлларни прокатлаш усулида ишлаб

чиқаришни ривожлантириш илмий-амалий аҳамиятга эга долзарб вазифа ҳисобланади.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат техника университетининг илмий-тадқиқот ишлари режасининг 1978/07-2014 - (14/14) ««Узметкомбинат» АЖнинг рангли металллар ишлаб чиқариш шароитида мисни асимметрик прокатлаш ҳамда термик ишлов бериш технологиясини ишлаб чиқиш» (2014–2016 йй.) хўжалик шартномаси, Ё-А-3-7 «Мис, алюминий ва улар асосидаги қотишмалардан тайёрланган листли материалларни асимметрик прокатлаш билан ултрадисперс (нано) заррачали маҳсулот олиш оптимал ва энергия ресурс тежамкор технологиясини ишлаб чиқиш» мавзусидаги амалий лойиҳаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади совуқ ҳолда листли металлларни прокатлашни такомиллаштириш асосида энергиятежамкор технологияларни ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

мавжуд бўлган технологиялар тадқиқотларининг ҳозирги ҳолатини ўрганиш ҳамда прокатлаш режимларини таҳлил қилиш ва такомиллаштириш йўналишини ишлаб чиқиш;

ишлаб чиқариш шароитида совуқ ҳолда симметрик прокатлаш технологиясининг энергия сарфини ҳисоблаш ва энергиятежамкорлик кўрсаткичлари бўйича тавсиялар ишлаб чиқиш;

прокатланган листли металлларнинг физик механик хоссалари ва структураси қиёсий таҳлилини амалга ошириш;

листли металлларни совуқ ҳолда прокатлашнинг такомиллаштирилган энергиятежамкор технологиясини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида қуйма ва прокат усулларида олинган полоса шаклидаги мис ва унинг қотишмалари олинган.

Тадқиқотнинг предметини ишлов берилаётган лист металининг механик хоссалари ҳамда прокатлашнинг энергия кучланишли параметрлари ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида листли металлларни узилишга синашнинг универсал усуллари, материал қаттиқлигини аниқлашнинг Бринелл ва Роквелл усуллари, чуқур деформацияланишни аниқлашнинг Эриксен усули, листли металлнинг макро- ва микроструктураларини ўрганишнинг оптик микроскопия усули қўлланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги:

совуқ ҳолда симметрик прокатлаш қурилмасининг технологик параметрларини ҳисоблаш орқали прокатлашнинг самарали технологияси ва конструкцияси ишлаб чиқилган;

мавжуд прокатлаш технологиясини такомиллаштириш билан янги энергиятежамкор симметрик прокатлаш технологияси ишлаб чиқилган;

янги энергиятежамкор симметрик прокатлаш технологияси асосида олинган листли мис ва унинг қотишмаларини термик ишлаш технологияси ишлаб чиқилган;

мис полосасини прокатлашдан кейин термик ишлов беришнинг янги режимлари ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

листли металлларни совуқ ҳолда прокатлаш учун ишлаб чиқариш шароитида янги яримсаноат прокатлаш қурилмаси конструкцияси ишлаб чиқилган;

листли металлларни совуқ ҳолда прокатлашда энергия ва инсон ишчи ресурсларини 20-30% га қисқартириш имконини берувчи прокатлаш технологияси ишлаб чиқилган;

совуқ ҳолда прокатланган листли мис ва унинг қотишмаларига самарали термик ишлов бериш режимлари ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги ишлаб чиқаришда қўлланилган ҳамда экспериментал тадқиқот натижаларини статистик қайта ишлаш, мавжуд натижалар ёки маълумотлар билан таққослаш, амалий ҳамда назарий йўл билан олинган натижаларнинг солиштирилганлиги реал иқтисодий самара билан ишлаб чиқаришга татбиқ қилиш орқали изоҳланган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти прокатлашнинг оптимал параметрларини танлаш ҳисобига, мис ва унинг қотишмаларидан тайёрланган листли металллар хоссаларининг яхшиланиши ҳамда прокатлаш жараёнида сарф этиладиган энергия тежалиши билан изоҳланади.

Тадқиқотнинг амалий аҳамияти янги совуқ ҳолда симметрик прокатлаш технологиясини листли металлларга пластик деформация билан ишлов беришда сарф этилаётган энергия тежамкорлигини таъминлашдан иборат.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Листли металлларни совуқ ҳолда прокатлаш жараёнини такомиллаштириш асосида сарф этиладиган энергия сарфини камайтиришга йўналтирилган илмий изланишлар натижаси асосида:

совуқ ҳолда прокатланган мис ва унинг қотишмаларини термик ишлаш технологияси «Ўзбекистон металлургия комбинати» АЖга жорий этилган («Ўзметкомбинат» АЖнинг 2017 йил 9 февралдаги 07/00-18/7-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижаларини жорий қилиш натижаси прокатлаш ўтимлар сонини 7 дан 5 гача камайтириш имконини берган;

қуйма усулида олинган полоса шаклидаги металлларни прокатлашда листли металлларга сарфланаётган энергияни тежаш технологияси «Ўзбекистон металлургия комбинати» АЖга жорий этилган («Ўзметкомбинат» АЖнинг 2017 йил 9 февралдаги 07/00-18/7-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижаларини жорий қилиш, янги ишлаб чиқилган технологиянинг қўлланилиши энергия сарфини 5–7% га тежаш ва ҳар бир ўтишдаги ишчи валга тушадиган босимни 3% га камайтириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 7 та, жумладан 3 та халқаро ва 4 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Тадқиқот мавзуси бўйича жами 10 та илмий иш, жумладан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг диссертациялар асосий илмий натижаларини чоп этишга тавсия этилган илмий нашрларда 5 та мақола (3 та республика ва 2 та хорижий журналларда) чоп этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхатидан иборат. Диссертациянинг ҳажми, компьютерда терилган матн, расмлар ва жадваллар билан 120 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти асосланган, мақсади ва вазифалари, шунингдек, тадқиқот объекти ва предмети шакллантирилган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикаси фан ва технологияларни ривожлантиришнинг муҳим йўналишларига мослиги келтирилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалар баён этилган, олинган натижаларнинг ишончлилиги асосланган, тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти ёритилган, тадқиқот натижаларини амалиётга қўллаган муассасалар, эълон қилинган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумот берилган.

Диссертациянинг «**Листли металлларни совуқ ҳолда прокатлашнинг ҳозирги замон ҳолати таҳлили**» деб номланган биринчи бобида металлларни босим билан ишлаш, шунингдек механик хоссаларини яхшилаш ва прокатлаш учун энергия сарфини камайтириш мақсадида прокатлашда листли металлларни моделлаштириш принциплари ва янги технологияларини яратишга бағишланган тадқиқотларнинг ҳозирги ҳолати таҳлил қилинган.

Металлларни пластик деформациялаш механизмлари, поликристаллар деформацияси ва металлларнинг пластик деформацияланишидаги дислокациялар тадқиқотлари таҳлили келтирилган. Листли металлларнинг кристаллографик текстураларини ўрганиш, поликристаллнинг механик кўрсаткичлари келтирилган.

Адабиётлар таҳлили шуни кўрсатадики, ҳозирги замон техникасининг ривожланиши конструкцион ва функционал материалларнинг эксплуатацион характеристикаларига юқори талаблар қўяди. Металлларни прокатлашда энергия сарфини камайтиришнинг йўлларида бири – прокатлаш технологияси параметрларининг таҳлили ва дастгоҳ кўрсаткичларидан келиб чиқиб янги технологияни ишлаб чиқишдан иборат.

Прокатлаш жараёнида сарф этиладиган энергияни тежашда ҳамда листли металлнинг хоссаларини яхшилашда прокатлаш кучини камайтириш ва текстурани модификациялашда катта афзаллик беради. Катта микдордаги

деформациялар доналарни ультрамайда структурали шаклга келтириш имконини беради.

Пластик деформацияда куч олингандан сўнг деформацияланган металл ўзининг дастлабки шаклини тикламайди. Одатда хона ҳароратида металлларнинг пластик деформацияси диффузион механизм билан эмас, балки силжиш (сирпаниш) (юқори энергия нуқсонли қурилма металлларда) ва иккиламчи (қуйи энергия нуқсонли қурилма металлларда) рўй беради. Металлларда силжиш (сирпаниш) деформациялари катта атом зичлигига эга бўлган кристалл панжараларнинг текисликларида маълум йўналишларда дислокациялар ҳаракатининг кўтарилиши билан бир кристалл панжаранинг иккинчисига нисбатан силжиши силжиш кучланишининг (τ) таъсири натижасидир.

Адабиётларнинг критик таҳлили асосида металллар босим билан ишлашининг технологик жараёнлари бугунги ҳолатини ўрганиш, прокатлашнинг рационал параметрларини излаб топиш ҳозирги кунда энг муҳим йўналиш ҳисобланади.

Диссертациянинг **«Тадқиқот объекти, листли металлларни совук ҳолда прокатлаш стани ва унинг асосий параметрлари»** деб номланган иккинчи бобида листли металлларни прокатлашгача бўлган жараёнлар, прокатлаш дастгоҳи, унда бажариладиган ишлар ва унинг асосий натижалари келтирилган.

Ушбу бобнинг мақсади прокатлаш объектининг чуқур таҳлилин амалга ошириш ва прокатлаш жараёнида қўлланиладиган ёрдамчи дастгоҳларни ўрганишдан иборат.

Прокатлаш билан ишлов бериш қора ва рангли металлларни прокатлаш йўли билан турли буюм ва яримфабрикатлар олиш (прокат), шунингдек, сифатини ошириш мақсадида уларга қўшимча (термик) ишлов беришни ўз ичига олади. Прокат ишлаб чиқаришнинг асосий маҳсулотларига ярим хом ашё ёки заготовка, лист прокат, трубалар, машина деталларининг заготовкалари (ғилдираклар, халқалар, ўқлар, шарлар ва б) киради. Прокатлаш материални прокат стани валлари орасидан ўтказишга асосланган. Прокатлашнинг бўйлама, кўндаланг ва кўндаланг-винтли усуллари бор. Бўйлама усулда буюм қарамақарши йўналишда айланадиган валлар орасидан ўтказилиб, пластик деформацияланиши натижасида кўндаланг кесими кичраяди, узунлиги эса ортади. Прокатланадиган буюмларнинг 90 фоизи шу усулда олинади. Кўндаланг усул билан кўндаланг кесими узунлиги бўйича даврий ўзгарадиган заготовкалар, кўндаланг-винтли усул билан трубалар (кувурлар) прокатланади.

Даврий прокатлашда заготовка бир томонга айланувчи икки вал орасидан ўтади. Рангли металллар – алюминий, мис, магний, рух ва уларнинг қотишмаларини прокатлаб, ҳар хил кўндаланг кесимли лист, лента, сим ва зар қоғозлар тайёрланади.

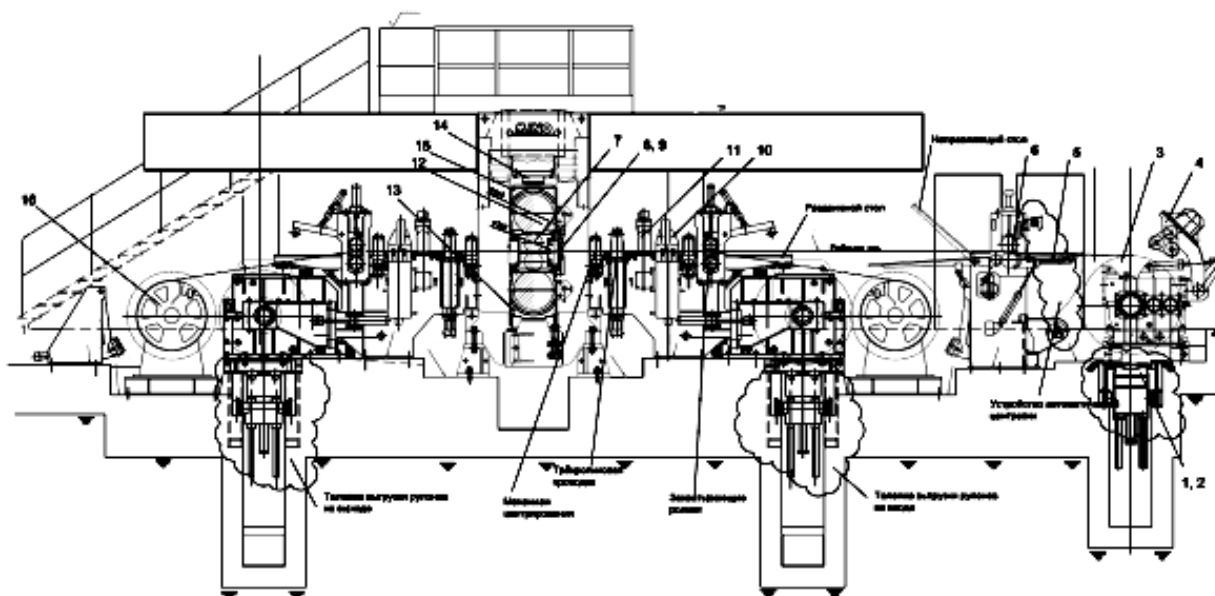
Листли металлларни прокатлаш технологик жараёнига қуйидаги асосий операциялар киради: узлуксиз қуйиб олинган қуймани хوماки прокатлаш, тўғрилаш, фрезалаш, қиздириб прокатлаш (4-12 мм қалинликкача), рулон

қилиб ўраш ва совуклайин прокатлаш. Совуклайин прокатлангандан сўнг рулонлар ёйилиб, листларга кесилади ва термик ишлов берилади. Узлуксиз қуйиб прокатлаш усулида суюқ алюминий тақсимлагич новдан ўтиб, валиклар орасидаги бўшлиққа тушади, унда рангли металл валларга тегиб кристалланади ва ҳосил бўлган полоса стан валиклари орасидан узлуксиз чиқади.

Рулонли полоса суюқлантириш ва қуйиш қисмидан сўнг бир клетли тўрт валикли реверсив металлларни совуқ ҳолда прокатлаш дастгоҳи «MINO» 260/560x550 га узатилади (1-расм). Узлуксиз қуйилган рулон прокатлаш учун электркўприкли кран ёрдамида юклаш аравадаси 2 рўпарасидаги йиғувчи “кириш” столи 1га ўрнатилади. Келтирилган рулон тушириб олиш аравадасида олиниб рулон ечиш қурилмаси 3га транспортировка қилинади. Тушириб олиш аравадасидаги кўтариш қурилмаси билан рулон ечувчи қурилма барабанига ўрнатилиб ёрдамчи механизм 4 билан барабанга маҳкамланади.

Прокатлаш дастгоҳи ишга туширилгач сиқиш режими берилади ва таъминлаш режимида 5-10 м/мин тезликда ечиб олиш бошланади. Ечиш қурилмаси рулон учида ҳосил бўладиган букилишни тўғирлаш қурилмаси 5га эга, ечиш ҳамда ушлаш роликлари 6 ёрдамида полосани прокатлаш дастгоҳининг ушлаш роликларигача етказиб беради, ўз ўрнида улар полосани ишчи валиклар – клет 7 томон узатади. Роликли йўналтирувчи 8 ҳамда вертикал роликли йўналтирувчи 9 полосани прокатлаш чизиғида бўлишини таъминлайди.

Гильотин қайчилар 10 ёрдамида полоса учларини ушлаб туриш учун дефектли қисмлари кесиб ташланади. Гильотин қайчилари олдидан ўрнатилган қалинликни ўлчаш қурилмаси клет 11га кираётган ва чиқаётган рулоннинг қалинлигини ўлчаб туради.



1-расм. Бир клетли тўрт валикли реверсив совуқ ҳолда прокатлаш дастгоҳи 260/560x550 фирми «MINO»

Қалинликни ўлчаш қурилмасидан келаётган сигналлар прокатланаётган полоса қалинлигини автоматик равишда созлашда фойдаланилади. Прокатлаш бир клетли тўрт валикли реверсив совуқ ҳолда прокатлаш дастгоҳида амалга оширилади. Ишчи валларнинг мустаҳкамлигини ошириш ҳамда уларнинг эгилишини чеклаш учун ишчи валларга босиб турувчи валиклар 12 ўрнатилган. Улар ишчи валиклар 7 билан контактда бўлиб, ишчи ва босиб турувчи валиклар бўйинчалари ёстикчалар 13га маҳкамланган. Босиб турувчи валиклар етакловчи эмас, балки улар ишчи валик билан контакт натижасида ҳосил бўладиган ишқаланиш кучи ҳисобиға ҳаракатланади. Прокатлашдаги кучланиш иккита гидроцилиндр 14 ёрдамида юқори ёстикчалар 15 орқали юзаға келтирилади. Валлар ҳамда деформация очагини совитиш ва мойлаб туриш учун минерал ҳамда ўсимлик мойли сувли эмульсиядан фойдаланилади.

Диссертациянинг **“Листли металлларни тадқиқ қилиш усуллари ва уларда олинган натижалар”** деб номланган учинчи бобида листли металлларни прокатлашдан олдинги ва кейинги экспериментал тадқиқотларининг методологияси ва натижалари келтирилган.

Намуналарнинг механик хоссаларини аниқлаш учун уларни прокатлашдан олдин ва прокатлашдан кейин бир ўқли универсал қурилма ёрдамида максимал 50 кН кучгача юклама билан чўзишға синалди.

Лаборатория тадқиқотлари совуқ ҳолда прокатлаш билан қисқартирилган технологик схема бўйича (қаттиқ ҳолати) ва бўшатишдан сўнг (юмшоқ ҳолатда) 3,0 мм ва 0,5 мм оралиқ ўлчамларда мис полосали намуналарда олиб борилди.

Қуйилган полосани синчиклаб кўрилганда юза ва ички нуқсонлар борлиги аниқланмади.

2 ва 3 - расмларда юмшатирилган (қуйдирилган) мис полоса микроструктураси келтирилган.



2-расм. 3,0 мм гача прокатланган ва юмшатирилган мис полосасининг микроструктураси (x100)



3-расм. 0,5 мм гача прокатланган ва юмшатирилган мис полосасининг микроструктураси (x100)

Прокатлашнинг ўтимлари 3-расмда кўрсатилган тадқиқ қилинган 8-намунанинг микроструктураси миснинг деформация ва юмшатишдан

кейинги рекристалланган ҳолатига тўғри келади. Кўндаланг кесим микроструктурасида ипсимон ва куйма структураси қолдиқлари йўқ– бу мисли полосанинг юқори деформацияланиш даражаси ва мақбул юмшатиш ҳароратлари билан тушунтирилади. Структура 35-40 мкм ўртача катталиқдаги тўғри ўқли мис доналаридан ташкил топган.

Термик ишлов бериш – металл ва қотишмаларнинг хоссасини ўзгартирувчи кенг тарқалган замонавий техник усуллардан бири ҳисобланади. Металлургия ва машинасозлик корхоналарида термик ишлов бериш заготовка, ярим тайёр маҳсулот ва машина деталлари ишлаб чиқаришни технологик жараёнларининг муҳим звеноларидан бири ҳисобланади. Термик ишлов бериш металл ва қотишмаларга бир томондан технологик хоссаларини (босим, кесиш ва бошқа усуллар билан ишлов берувчанликни) яхшилаш учун оралиқ операция, иккинчи томондан буюмларнинг эксплуатацион кўрсаткичларини талаб даражасида таъминлаш учун металл ва қотишмаларни комплекс механик, физик ва кимёвий хоссалар беришга мўлжалланган охириги операциялардан бири ҳисобланади. Термик ишлов бериш назарияси металлшуносликнинг маълум бир қисми ҳисобланади. Металлшуносликнинг энг асосий вазифаси, бу металл ва қотишмаларни тузилиши ва техник муҳим хоссаси орасидаги ўзаро боғлиқлик қонуниятларини ўрганишдир. Қиздириш ва совутишда металл материалнинг структураси ўзгаради, бу эса унинг механик, физик ва кимёвий хоссаларини ўзгаришига олиб келади.

Мис ва унинг қотишмаларига термик ишлов беришда қуйидаги асосий хусусиятларни эътиборга олиш керак: юқори иссиқлик ўтказувчанлик ва қиздиришда газлар билан ўзаро тасирлашуви. Юпқа ва ярим тайёр маҳсулотларга иссиқлайин ишлов беришда иссиқлик ўтказувчанлик иккинчи даражалидир. Ўлчамлари катта бўлган маҳсулотларни қиздиришда миснинг кўндаланг кесим бўйича иссиқлик ўтказувчанлиги бошқа қотишмалар (масалан титан қотишмалари)га қараганда тез ва юқоридир. Миснинг бу хусусияти туфайли мисни тоблашда муаммо туғилмайди. Катта ўлчамли деталларда ёки ярим тайёр маҳсулотларда товланиш бутун юза бўйлаб бир хил ва жуда яхши тарқалади. Юқори ҳароратларда мис ва унинг қотишмалари кислород ва сув буғи билан актив боғланишда бўлади, яъни тез таъсирлашади. Шунга кўра мисдан тайёрланган маҳсулот ва ярим маҳсулотларни термик ишлашда ҳимоя атмосферасидан фойдаланилади. Бундай ҳимоя атмосфераси алюмин қотишмаларини термик ишлашда кам ишлатилади. Мис ва унинг қотишмаларини юмшатишдан мақсад қотиш жараёнида структурани мувозанат ҳолатга келтиришда бузилишларни йўқоттишдир. Гомоген юмшатиш қуйма маҳсулотларда максимал ҳароратда қотишмани ташкил этувчилари оғиб кетмаслигини таъминлайди. Мис ва латунда ликвация нисбатан кам бўлади. Шунинг учун иссиқ ҳолда қуйиб ишланган деталларни гомоген юмшатишни ўзи етарли бўлади. Қуйма мисда эвтектика доналар чегарасида жойлашади ва нуқтавий тузилишга эга бўлади. Бундай мис қотишмаси деформацияланганда (босим билан ишланганда)

эвтектика емирилиб, мис (1)-оксид алоҳида-алоҳида қўшилмалар тарзида бўлиб қолади.

«Узметкомбинат» шароитида мис ва унинг қотишмаларига термик ишлов бериш технологияси бирмунча мураккаб ва у бир нечта операциялардан иборат. Прокатланган латунлар рулонларнинг 4 тасига бирданига термик ишлов берилади.

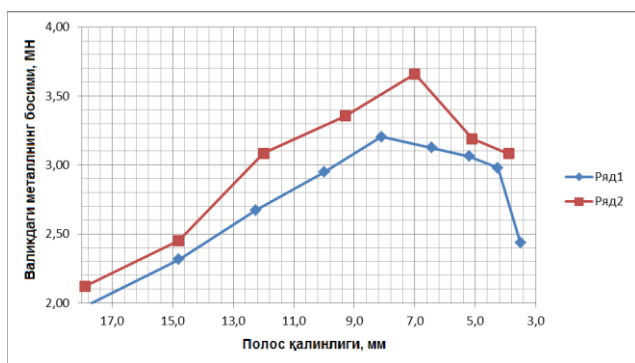
Рулонлар махсус тагликка жойлаштирилгач уни устидан махсус қопқоқ туширилади. Қопқоқ тагликка зич ёпилади ва ундан газ чиқишига йўл қўймайди. Қопқоқ ичига дастлаб азот юборилади, чунки азот кислород ва водород билан одатдаги шароитда таъсирлашмайди. Азот қопқоқ ичига жуда катта босим билан $150 \text{ м}^3/\text{соат}$ юборилади. Азот қопқоқ ичидаги кислородни сиқиб чиқариб 5-7 дақиқада қопқоқ ҳажмини тўлдиради. Сўнгра водород азотдан енгил газ бўлганлиги учун қопқоқнинг юқори қисмидан водород юборилади. Бунда водород энди азотни сиқиб чиқариб қопқоқ ҳажмини бутунлай эгаллайди. Бу ерда азотнинг вазифаси кислород билан водороднинг бир-бирига аралашиб реакцияга киришмаслиги учун оралик газ вазифасини ўтайди. Водород тўлдирилгач қопқоқ устидан махсус қиздириш қурилмаси туширилади. ЭБНЕР газ алангасида қиздирувчи қурилма бўлиб, газ алангаси қурилма ичига ёқилади ва қиздириш бошланади. ЭБНЕР термик ишлов бериш қурилмаси асосан 500°C ҳароратгача қиздиради. Маълум ҳароратгача қиздирилиб, маълум вақт шу ҳароратда ушлаб турилиб, кейин совитиш жараёни бошланади. Бу жараёнда қиздириш қопқоғи олиниб, совитиш қопқоғи ўрнатилади. Совитиш камераси ичига ҳаво ҳайдалади. Маълум ҳароратгача ҳаво билан совитилгач кейин сув билан совитилишга ўтади. 80°C гача печь қобиғида совитилиб, кейин совитувчи қопқоқ олинади ва химояловчи қопқоқ ичига яна азот газини юборилади. Водород газини сиқиб чиқарилади. Қопқоқ ичида азот сўриб олинади ва химоя қобиғи олинади. Рулонлар махсус кранлар орқали олинади ва юза қисмларини тозалаш учун махсус бўлимга юборилади.

Диссертациянинг **«Такмиллаштирилган прокатлаш технологиясининг энергетик параметрларини аниқлаш ва уни «Узметкомбинат» АЖ ишлаб чиқариш корхонаси шароитида қўллаш»** деб номланган тўртинчи бобида «Узметкомбинат» АЖ ишлаб чиқариш шароитида совуқ ҳолда прокатлаш ва юмшатиш усулида мис прокатини ишлаб чиқаришнинг ва симметрик прокатлашнинг технологик параметрлари ва уларнинг металлларнинг физик-механик, кимёвий хоссаларига таъсири таҳлили келтирилган. Мис ва унинг қотишмаларини прокатлаш учун деформацияланувчи асбобни янада модификациялаш (янгилаш) мақсадида совуқлайин прокатлаш стани учун ишчи валиклар танлаш амалга оширилди. Прокатлаш орқали мис ишлаб чиқаришда яримсаноат синовлар ва прокатлашнинг энергетик параметрларини ҳисоблаш натижалари келтирилган.

Мис полосаларни прокатлашнинг энергетик параметрларини ҳисоблашнинг мавжуд бўлган услублари тўрт валикли прокат станида совуқлайин прокатлаш жараёнлари учун Б.В.Кучеряев методикаси мақбул

эканлигини кўрсатиб берди.

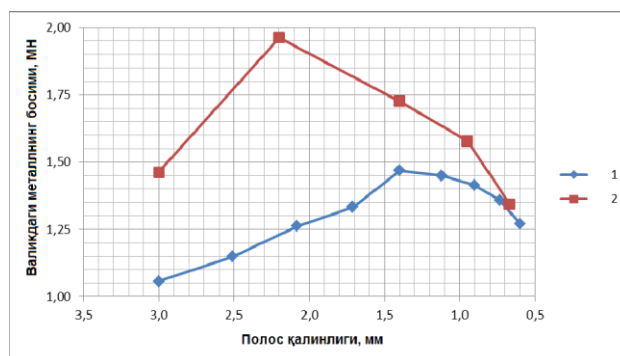
Кўргазмали таққослаш учун мавжуд бўлган 9 ўтимли (проходли) 17,9 дан то 3,0 мм гача полосани прокатлаш технологик схемасидан 7 ўтишгача қисқартирилган прокатлашда металл босимининг валикка таъсирига боғлиқлик графигини кураимиз. 4, 5- расмларда прокатлашнинг ўтимлари бўйича прокатлаш кучи боғлиқлик графиклари келтирилган. Бундан кўриниб турибдики, полоса қалинлигини 18 дан 3 мм гача қисқартиришда, прокатлаш режимларини тўғри танлаш ҳисобига ўтимлар сонини 9 тадан 7 тага камайитирилгани кўрсатилган. Бунда барча чегаравий шартлар сақланиб қолган.



1 – қатор мавжуд технологик схема бўйича 9 ўтишли прокатлаш;

2 – қатор қисқартирилган симметрик схема бўйича 7 ўтишли прокатлаш

4-расм. Прокатлашда полосанинг 17,9 дан то 3,0 мм гача қалинликкача ўтишлар бўйича боғлиқлиги графиги



1 – қатор мавжуд технологик схема бўйича 9 ўтишли прокатлаш;

2 – қатор қисқартирилган симметрик схема бўйича 5 ўтишли прокатлаш
5-расм. Прокатлашда полосанинг 3,0 дан то 0,5 мм гача қалинликкача ўтишлар бўйича боғлиқлиги графиги

Прокатлашда ҳисобланган маълумотларни баҳолаш учун эритиш ва қуйиш участкасида ликвацион белгилари, ёриқлар, сиқилган, газ ғовакчалари ва пуфакчалари бўлмаган мис полосаларнинг узлуксиз қуйиш усули танлаб олинди.

Ҳамма бажарилган ишлар халқаро DIN, DIN-EN, ASTM, ISO ва бошқа стандартларга жавоб беради.

Сферик ойчалар 20,0 мм диаметрли Эриксен ускунасида аниқланди.

Чўзишдаги нисбий узайиш, мустаҳкамлик чегараси SUN/5 серияли универсал синов машинасида аниқланган.

Микроструктура Nikon ECLIPSE L150 маркали саноат микроскопи ёрдамида аниқланган.

ХУЛОСА

«Листли металлларни совуқ прокатлаш жараёнини такомиллаштириш» мавзусидаги фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижасида қуйидаги хулосалар тақдим этилади:

1. Прокатлаш технологик асослари, илмий-техник ва технологик усуллар, энергиятежамкор прокатлаш агрегати ишлаб чиқилди. Ишлаб чиқилган агрегатни қўллаш ноанъанавий усулларда модификацияланган листли металлларни олиш имконини беради.

2. Қўймакорлик усулида олинган, фрезаланган полосали металлларни прокатлаш режимлари ишлаб чиқилди. Олинган натижалар прокатлаш жараёнида энергиянинг 5-7% га тежалишига хизмат қилади.

3. Прокатлаш станида мис полосасини прокатлашнинг такомиллаштирилган технологияси ишлаб чиқилди. Олинган натижалар прокатлаш даврида ўтимлар сонини 7 дан 5 гача камайтиришга хизмат қилади.

4. Прокатланган листли металлларга термик ишлов бериш режимлари ишлаб чиқилди. Олинган натижалар ишчи валларга тушадиган юкламанинг 3% га камайтиришга хизмат қилади.

5. Назарий ҳамда тажрибавий тадқиқотлар асосида прокатлаш жараёнини оптималлаш бўйича тавсиялар ишлаб чиқилди. Олинган натижалар ишлаб чиқариш шароитида оптимал прокатлаш режимларини танлашга хизмат қилади.

6. Иқтисодий самарадор бўлган мис полосасини такомиллаштирилган прокатлаш технологияси ишлаб чиқилди. Олинган натижалар иқтисодий самарадорликнинг 3-5% га ошишига хизмат қилади.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ
DSc.27.06.2017.FM / Т.03.04 ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ И
НАЦИОНАЛЬНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ УЗБЕКИСТАНА**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

БАХАДИРОВ КУДРАТХОН ГАЙРАТОВИЧ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ ЛИСТОВЫХ МЕТАЛЛОВ**

**05.02.01 – Материаловедение в машиностроении. Литейное производство.
Термическая обработка и обработка металлов давлением. Металлургия черных,
цветных и редких металлов**

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD) ПО
ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

ТАШКЕНТ-2017

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за B2017.1PhD/T69

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский и английский (резюме)) размещен на веб-странице по адресу ik-falsafa@nuu.uz и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» по адресу www.ziyo.net.uz.

Научный руководитель:

Сайдахмедов Равшан Халходжаевич
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Махкамов Руфат Гулямович
доктор технических наук, профессор

Абдуллаев Фатхулла Саъдуллаевич
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация:

Алмалыкский горно - металлургический комбинат

Защита диссертации состоится «__» _____ 2017 года в ____ часов на заседании Научного совета DSc.27.06.2017.FM / T.03.04 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 диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета (зарегистрирована за № ____). Адрес 100095, г. Ташкент, ул. Университетская 2. Тел: (99871) 227-10-32.

Автореферат диссертации разослан «__» _____ 2017 года.
(реестр протокола рассылки №__ от «__» _____ 2017 года.)

К.А.Каримов

Председатель специализированного совета
по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

Н.Д.Тураходжаев

Ученый секретарь специализированного совета
по присуждению ученых степеней, д.т.н., доцент

Р.М.Михридинов

^/Председатель научного семинара при научном
совете по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (Аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире более чем в ста странах ведутся исследования по улучшению качества, повышению долговечности и показателей энергосбережения при производстве изделий методом прокатки листовых металлов. В сфере машиностроения более чем 40% металлических изделий, обрабатываемых давлением, изготавливаются прокаткой. В последние годы уделяют большое внимание на разработку энергосберегающих методов прокатки листовых металлов в холодном состоянии. В то же время повышение требований к механическим свойствам прокатанных листовых материалов, создание новых технологий обработки металлов для получения изделий без внутренних напряжений, которые производятся методом пластической деформации в холодном состоянии являются одним из важных задач.

С момента обретения республикой независимости в нашей стране налажено производство легковых автомобилей и одновременно с производством конкурентоспособных отечественных легковых автомобилей на мировом рынке уделено особое внимание на локализацию их комплектующих частей. В этом направлении были достигнуты определённые результаты по освоению технологий производства листовых заготовок, в том числе изготовление листовых заготовок из проката, разработаны технологии, обеспечивающие необходимые геометрические размеры и снижены себестоимости изделий, производимые методом прокатки листовых металлов. Наряду с этими требуется усовершенствование энергосберегающих технологий, которые обеспечат конкурентоспособность экспортируемых изделий произведенных на металлургических комбинатах. В стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан отдельно отмечена задача «... повышение конкурентоспособности национальной экономики, ... сокращение энергоёмкости и ресурсоемкости экономики, широкое внедрение в производство энергосберегающих технологий». При выполнении этой задачи усовершенствование процесса холодной прокатки листовых металлов вместо горячей прокатки, направленное на улучшение качества изделий и повышение конкурентоспособности считается одним из важных вопросов стоящих перед металлургическими комбинатами.

В мировой практике уделяют большое внимание усовершенствованию процесса холодной прокатки листовых металлов. В том числе, оптимизация числа проходов при прокатке листовых металлов, разработка технологии прокатки, позволяющей сократить влияния давления и скорости прокатки на механические свойства листового металла и разработка оптимальных

конструкций прокатных станов являются основными показателями развития данной сферы.

Настоящее диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в следующих Постановлениях Президента Республики Узбекистан ПП № 4947 от 7 февраля 2017 года «Стратегия действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017 - 2021 годах», ПП № 1590 от 29 июля 2011 года «О мерах по дальнейшему углублению локализации производства готовой продукции, комплектующих изделий и материалов на основе промышленной кооперации на 2011-2013 годы», ПП № 2698 от 26 декабря 2016 года «О мерах по дальнейшей реализации перспективных проектов локализации производства готовых видов продукции, комплектующих изделий и материалов на 2017-2019 годы», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

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

Степень изученности проблемы. Для обработки металлов давлением в мировой практике разработаны различные технологии обработки металлов. Для того, чтобы получить листовые металлы с модифицированными микроструктурами созданы технологии прокатки и обработки металлов давлением.

Научные исследования, направленные на совершенствование технологии прокатки проведены в ведущих научных центрах и вузах мира, в том числе в Южно - Калифорнийском университете (США), в Северо-западном политехническом университете (Китай), в Институте материаловедения технического университета Дрездена (Германия), учёными стран независимых государств. Они усовершенствовали конструкции прокатных станов с целью проведения модификации технологии прокатки, улучшения физико-механических свойств листовых металлов.

Из узбекских ученых С.Ф.Абдуллаев, Р.У.Каламазов, Р.Г.Махкамов и др. разработали технологии оптимизации поверхностных структур листовых материалов при обработке под давлением, обеспечивающие упрочнение рабочих поверхностей и повышение износостойкости деталей. Профессор Р.Х.Сайдахмедов достиг уменьшения внутренних сил напряжения изделий путем совершенствования конструкций прокатных станов.

По настоящее время проведены научно-исследовательские работы по скручиванию под давлением и равноканальному угловому прессованию через интенсивную пластическую деформацию, которая является циклическим процессом. В настоящее время применение непрерывных технологий и совершенствование имеющихся технологий в нашей стране

является актуальной задачей и имеет научно-практическое значение в развитии производства изделий прокаткой.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.

Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ прикладных проектов и хоздоговорных работ Ташкентского государственного технического университета: 1978/07-2014 - (14/14) «Разработка технологии асимметричной прокатки и термической обработки меди в условиях ПЦМ АО «Узметкомбинат» (2014–2016 гг.); ЁА-3-7 «Разработка оптимальной и энерго-ресурсосберегающей технологии получения листовых продуктов из алюминия, меди и их сплавов с ультрадисперсными (нано) зернами при асимметричной прокатке» (2015–2017 гг.).

Целью исследования является разработка энергосберегающих технологий на основе усовершенствования холодной прокатки листовых металлов.

Задачи исследования:

изучение современного состояния исследований процесса прокатки, анализ режимов существующих технологий прокатки и разработка направления по усовершенствованию технологии;

расчет расхода энергии при холодной симметричной прокатке и разработка рекомендаций по показателям энергосбережения технологического процесса;

сравнительный анализ физических и механических свойств прокатанных листовых металлов;

разработка усовершенствованной энергосберегающей технологии холодной прокатки листовых металлов.

Объектом исследования являются полоса меди и ее сплавы, полученные способом литья и прокатки.

Предмет исследования состоит из механических свойств обрабатываемого листового металла и энергосиловых параметров процесса прокатки.

Методы исследования. В процессе исследования применены универсальные методы испытаний металлов на разрыв, методы определения твердости по Бринеллю и Роквеллу, определение глубокой деформации по методу Эриксона, а также макро- и микроструктурного анализа листовых металлов методом оптико-микроскопии.

Научная новизна исследования:

разработана эффективная технология и конструкция установки холодной симметричной прокатки путем расчета технологических параметров процесса;

разработана новая энергосберегающая технология симметричной прокатки путем совершенствования существующей технологии прокатки;

разработана технология термической обработки листовой меди и ее сплавов, полученные на основе новой энергосберегающей технологии симметричной прокатки;

разработаны новые режимы термической обработки после прокатки медной полосы.

Практические результаты исследования:

разработана новая конструкция полупромышленной прокатной установки в производственных условиях для получения листовых металлов путем холодной прокатки;

разработана технология прокатки, позволяющая сократить энергетические и человеческие ресурсы на 20-30% для получения листовых металлов при холодной прокатке;

разработаны режимы эффективной термической обработки холоднопрокатанной листовой меди и ее сплавов.

Достоверность полученных результатов. Достоверность полученных результатов основываются на данных статистической обработки полученных результатов от внедрения в производство и экспериментальных исследований путем сравнения их с существующими аналогами, внедрением полученных результатов в производство с реальным экономическим эффектом.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования поясняется улучшением свойств листовой меди и ее сплавов и экономией затрачиваемой энергии за счет выбора оптимальных параметров прокатки.

Практической значимостью является новая эффективная технология симметричной прокатки при пластической обработке листовых металлов давлением, обеспечивающая энергосбережения.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных результатов исследования по совершенствованию технологического процесса холодной прокатки листовых металлов, направленных на сокращение используемой энергии:

технология термической обработки прокатанных листовых металлов внедрена в АО «Узметкомбинат» для оптимизации процесса прокатки меди и ее сплавов (справка акционерного общества «Узметкомбинат» от 9 февраля 2017 года №07/00-18/7). Внедрение результатов, выполненных научно-исследовательских работ, позволило сократить число проходов прокатки с 7 до 5;

энергосберегающая технология прокатки при производстве листовых металлов в виде полос внедрена в акционерном обществе «Узметкомбинат» (справка акционерного общества «Узметкомбинат» от 9 февраля 2017 года №07/00-18/7). Внедрение результатов научно-исследовательских работ и разработанной технологии позволило снизить расход энергии при прокатке до 5-7% и нагрузки на рабочие валки прокатного стана до 3%.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования были обсуждены на 7 научно-практических конференциях, в том числе на 3 международных и 4 республиканских.

Опубликованность результатов. По теме исследования опубликованы 10 научных трудов: 5 научных статей, в том числе 3 в республиканских и 2 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций.

Структура и объем диссертации. Содержание диссертации состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы. Объем диссертации состоит из 120 страниц текста, набранного на компьютере, включая рисунки и таблицы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновывается актуальность и востребованность темы диссертации, формулируются цель и задачи, а также объект и предмет исследования, приводится соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, излагаются научная новизна и практические результаты исследования, обосновывается достоверность полученных результатов, раскрывается их теоретическая и практическая значимость, приведен список внедрения в производство результатов исследования, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Анализ современного состояния холодной прокатки листовых металлов»** проанализировано современное состояние исследований, посвященных обработке металлов давлением, в частности, по созданию новых технологий и принципов моделирования структуры листовых металлов при прокатке с целью улучшения их механических свойств и снижения энергосиловых затрат на прокатку.

Приводится обзор исследований, посвященных изучению механизмов пластической деформации металлов, моделей деформации поликристаллов и дислокаций при пластической деформации металлов. Приводятся результаты изучения кристаллографической текстуры листовых металлов, механические показатели поликристалла при обработке листового металла давлением.

Анализ литературных источников показывает, что современное развитие техники предъявляет высокие требования к эксплуатационным характеристикам конструкционных и функциональных материалов. Один из путей снижения потребления энергии – это анализ технологических параметров прокатки и разработка новых технологий прокатки, учитывая показатели прокатного стана.

При улучшении свойств листового металла и снижении употребляемой энергии, снижение силы прокатки и модификации текстуры листового металла дают большие преимущества. Повышение степени и количества

деформации при прокатке дает возможность формированию структуры материала с ультрамелкими зернами.

При пластической деформации после разгрузки деформированный металл не восстанавливает свою изначальную форму. Обычно пластическая деформация металлов при комнатной температуре протекает в виде не диффузионного механизма, а как смещение (скольжение) (в металлах с высокой энергией дефекта установки) и двойникование (в металлах с низкой энергией дефекта установки). Деформация со смещением (скольжением) в металлах происходит с увеличением движения дислокаций по определенным направлениям на плоскостях кристаллических решеток с самой большой плотностью атомов, осуществляя смещение одной кристаллической решетки в другую, как результат воздействий напряжений сдвига (τ).

На основе критического анализа литературных источников, изучения современного состояния технологического процесса обработки металлов давлением наиболее перспективным направлением в настоящее время является поиск рациональных параметров прокатки.

Во второй главе диссертации **«Объект исследования, стан для холодной прокатки листовых металлов и его основные параметры»** рассмотрены процессы до прокатки листовых металлов, прокатный стан, выполняемые операции на нем и его основные результаты.

Основной целью этой главы является глубокий анализ объектов прокатки и изучение вспомогательных устройств при процессе прокатки листовых металлов.

Обработка цветных и черных металлов прокаткой включает в себя прокатку металлов и получение разных деталей и полуфабрикатов (прокат), а также, для повышения качества продукции в процесс вводится дополнительная термическая обработка. Основными изделиями прокатного производства являются полуфабрикаты или заготовки, листовой прокат, трубы, заготовки деталей машин (колеса, кольца, валы, шары и др.). Прокатка заключается в процессе обжатия материала между вращающимися валками стана. По расположению осей валков и полосы (прокатываемой заготовки) различают продольную, поперечную и поперечно-винтовую. При продольной прокатке деформация обрабатываемого изделия происходит между валками, вращающимися в противоположных направлениях и толщина материала уменьшается, а длина увеличивается. Примерно 90% проката получают именно продольной прокаткой. При поперечной прокатке деформация тела происходит в периоды периодического сближения валков, такая технология используется для изготовления валов, осей, втулок и других тел вращения.

При периодической прокатке заготовка проходит между вращающимися валками. При прокатке цветных металлов – алюминий, медь, магний, цинк и их сплавы изготавливаются прокаты из листов, лент, проволоки с различными профильными сечениями и фольги.

Технологический процесс переработки листовых металлов включает в себя следующие основные операции: черновая прокатка литой заготовки,

выпрямление, фрезерование, горячая прокатка (толщиной до 4-12 мм), рулонное покрытие и холодную прокатку. После холодной прокатки рулоны разделяют, разрезают на листы и подвергают термообработке. При непрерывной разливке жидкого алюминия он проходит через сепаратор, зазор между клапанами, где цветной металл кристаллизуется и непрерывно протекает через (формы) .

Рулонную полосу с участка выплавки и разливки передают на одноклетьевой четырехвалковый реверсивный стан холодной прокатки 260/560x550 фирмы «MINO» (рис. 1). Предназначенные для прокатки непрерывно-литые рулоны электромостовым краном устанавливаются на накопительный стол «входа»-1 напротив загрузочной тележки-2. Загрузочной тележкой снимается один рулон полосы и транспортируется до разматывателя-3 рулона. Подъемным устройством загрузочной тележки рулон устанавливается на барабан разматывателя и зажимается на барабане с применением вспомогательного механизма- 4.

Запускается стан, задается режим обжатия и начинается размотка полосы в заправочном режиме со скоростью 5-10 м/мин. Разматыватель в комплекте имеет устройство отгиба-5 конца рулона, разматывающие и захватывающие ролики-6, при помощи которых передний конец полосы перемещается до захватывающих роликов-11 стана, которые будут продвигать полосу в направлении рабочих валков – клетки-7. Для удерживания и направления полосы на линии прокатки используется роликовая проводка-8 и вертикальные направляющие ролики-9.

Гильотинными ножницами-10 обрезаются концы с дефектами для улучшения захвата полосы рабочими валками. Установленные перед клетью толщиномеры-11 измеряют толщину полосы на входе и на выходе из клетки.

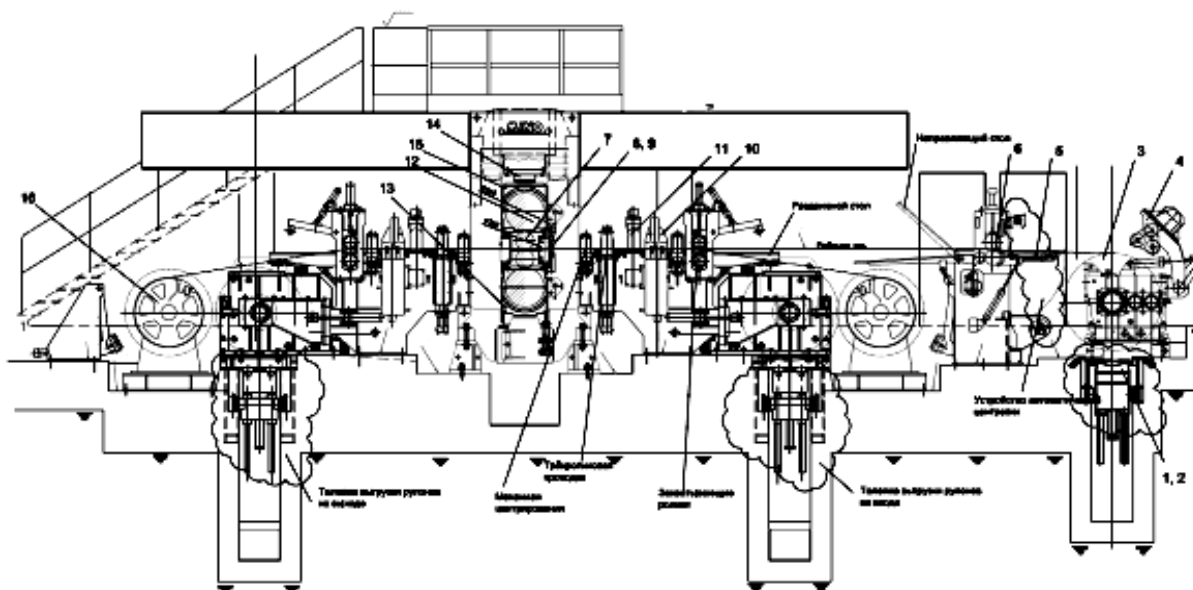


Рис. 1. Одноклетьевой четырехвалковый реверсивный стан холодной прокатки 260/560x550 фирмы «MINO»

Сигналы толщиномера используются для автоматического регулирования толщины полосы при прокатке. Прокатка производится в рабочих валках 4-х валковой реверсивной клетки холодной прокатки. Для повышения прочности и уменьшения изгиба рабочих валков от усилия прокатки в клетки установлены опорные валки 12, работающие в контакте с рабочими валками-7 шейки рабочих и опорных валков закреплены в подушках-13. Опорные валки неприводные, вращение происходит за счет сил трения между рабочими и опорными валками. Усилие прокатки создается двумя гидроцилиндрами -14 через верхние подушки -15 опорных валков. Для охлаждения и смазки валков, а также очага деформации применяется водная эмульсия минеральных или растительных масел.

В третьей главе диссертации **«Методы исследования листовых металлов и полученные результаты»**, приведены методология и результаты экспериментальных исследований листовых металлов до и после прокатки.

Для определения механических свойств образцов их испытывали на разрыв до и после прокатки с помощью одноосного универсального устройства с максимально допускаемой нагрузкой 50 кН.

Лабораторные исследования проводили на образцах медной полосы, прокатанной в холодном состоянии методом по сокращенной технологической схеме до (твердое состояние) и после отжига (мягкое состояние) с промежуточными размерами по толщине 3,0 мм и 0,5 мм.

При визуальном осмотре литой полосы наличие поверхностных и внутренних дефектов не обнаружено.

На рис. 2 и 3 представлена микроструктура прокатанной и отожженной медной полосы.



Рис. 2. Микроструктура прокатанной до 3,0 мм и отожженной полосы (x100)



Рис. 3. Микроструктура прокатанной до 0,5 мм и отожженной полосы (x100)

Микроструктура, представленная на рис. 2, 3 исследованного образца №8, соответствует рекристаллизованному состоянию меди после деформации и отжига. В микроструктуре поперечного сечения отсутствуют участки волокнистой и остатки литой структуры – это объясняется высокой

степенью деформации медной полосы при прокатке и умеренными температурами отжига. Структура состоит из равноосных зерен меди со средней величиной зерна 35-40 мкм.

Термическая обработка является одной из наиболее широко используемых современных технологий, которая меняет свойства металлов и сплавов. Термическая обработка на металлургических и машиностроительных предприятиях является одним из ключевых компонентов технологического процесса изготовления заготовки, полуфабрикатов и деталей машин. Этот вид обработки является одной из последних операций, направленных на обеспечение металлов и сплавов сложными механическими, физико-химическими свойствами для промежуточных операций в целях улучшения металлических свойств металла и сплавов, а также является промежуточным процессом для изменения технологических свойств (обработка давлением, резка и другие методы обработки). Термическая обработка является неотъемлемой частью материаловедения. Главная задача материаловедения – изучить принципы взаимосвязи структуры и технологических свойств исследуемых металлов и сплавов. При нагревании и охлаждении структура металлического материала изменяется таким образом, что приводит к изменению физико-механических свойств изделий.

При термической обработке меди и ее сплавов должны учитываться следующие основные особенности: высокая теплопроводность и взаимодействие с газами при нагревании. При термообработке тонких и полуготовых изделий теплопроводность не имеет большого значения, т.е. является второстепенной. Проницаемость теплопередачи медной плиты при нагревании продуктов с большими размерами происходит быстрее, чем у других сплавов (например, титановые сплавы). Из-за высокой теплоемкости в процессе теплопередачи медь имеет существенные преимущества при термической обработке. В крупногабаритных деталях или полуфабрикатах закалка всей поверхности получается одинаковой и лучше распространяется. При высоких температурах медь и её сплавы могут быстро реагировать с кислородом и водяным паром. Поэтому используется специальная защитная атмосфера при термической обработке медных изделий и полуфабрикатов. Такая защитная атмосфера редко используется при термической обработке алюминиевых сплавов. Отжиг меди и ее сплавов предназначен для получения равновесной структуры, которая при кристаллизации получила нарушения. Однородный высокотемпературный гомогенный отжиг обеспечивает устойчивость ингредиентов. Ликвация в меди и латуни относительно низкая. Поэтому при обработке литых деталей достаточно применить гомогенизирующий отжиг. Медь, расположенная на границе эвтектических зерен, имеет точечную структуру. Когда медный сплав деформируется (при

обработке давлением), эвтектика разрушается, а (1) - оксид меди отдельно выделяется.

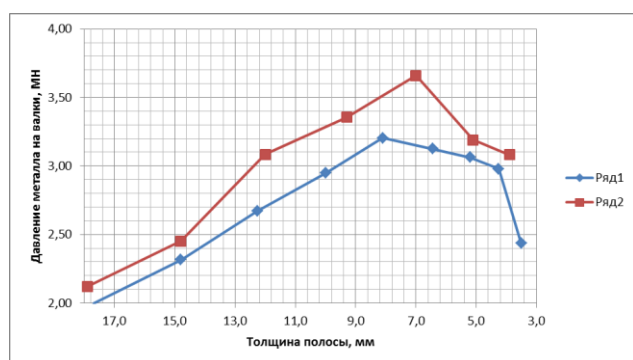
В условиях Узметкомбината технология термической обработки меди и ее сплавов сложная и состоит из нескольких операций. Так, прокатанные латуни одновременно термически обрабатываются на 4 катушках.

Когда ролики помещаются на специальную подставку, их накрывают специальной крышкой. Крышка плотно закрывается и не пропускает никаких газов. Сначала вводят азот в емкость (под крышку), потому что азот не вступает в реакцию с кислородом и водородом в обычной среде. Азот впрыскивается под крышку с очень высоким давлением 150 м³/ч. Азот вытесняет кислород из под крышки и заполняет объем ёмкости в течение 5-7 минут. Поскольку водород легче азота, он скапливается в верхней части ёмкости. В этом случае водород теперь полностью вытесняет азот и заполняет объем ёмкости. Здесь азот выполняет функцию промежуточного газа для предотвращения взаимодействия кислорода и водорода друг с другом. Когда водород заполняет ёмкость, сверху опускается специальное нагревательное устройство – EBNER. Это газовый блок, который сжигает газ в устройстве и начинает нагреваться. Благодаря указанному устройству заготовка при термообработке, в основном, нагревается до 500°C. После нагрева заготовки до указанной температуры производится выдержка при этой температуре в течение некоторого времени, после этого начинают охлаждать заготовку. Нагревательный блок при этом снимается и устанавливается охлаждающая крышка. В охлаждающую камеру нагнетается воздух. Он охлаждается до определенной температуры, затем охлаждение продолжается водой. После охлаждения до 80°C в корпусе печи охлаждающая крышка удаляется и газообразный азот вводится в защитную крышку. Объем наполняется азотом вместо водорода. В дальнейшем азот удаляют из крышки и затем снимается защитная оболочка. Рулоны прокатанного листового материала передаются с помощью специальных кранов и отправляются на специальный участок для очистки их поверхности.

В четвертой главе диссертации **«Определение энергетических параметров процесса прокатки и внедрение усовершенствованного технологического процесса в производственных условиях АО «Узметкомбинат»»** приведены технологические режимы производства медного проката посредством холодной прокатки и отжига в условиях АО «Узметкомбинат». Изложены технологические параметры симметричной прокатки листовой меди и проанализировано их влияние на физико-механические, химические свойства металлов. Осуществлен подбор рабочих валков реверсивного прокатного стана холодной прокатки для последующей модификации деформирующего инструмента для прокатки меди и её сплавов. Приведены результаты расчетов энергосиловых параметров прокатки и полупромышленных испытаний при производстве меди прокаткой в производственных условиях.

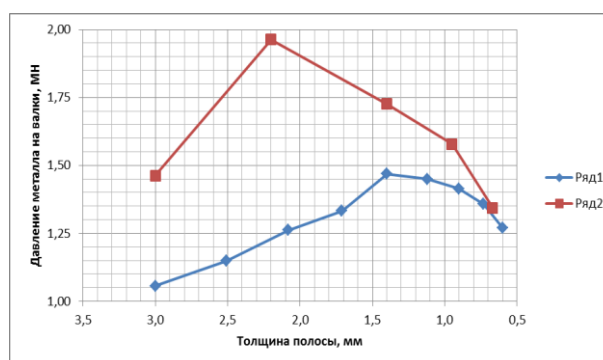
Анализ имеющихся методик расчёта энерго-силовых параметров прокатки медных полос показал, что наиболее приемлемой для процессов холодной прокатки на четырехвалковом прокатном стане является методика Б.В.Кучеряева.

Для наглядного сравнения была построена графическая зависимость давления металла на валки по проходам при прокате полосы с толщины 17,9 до 3,0 мм по действующей технологической схеме за 9 проходов и сокращенной до 7 проходов. На рис. 4-5 приведены графики зависимости усилия прокатки по проходам симметричной прокатки, откуда видно, что когда толщина полосы уменьшается с 18 до 3 мм за счет правильного выбора режимов прокатки, количество проходов сократилось с 7 до 5 проходов. При этом сохранены все граничные условия.



- ряд 1 – прокат за 9 проходов по действующей технологической схеме;
- ряд 2 - прокат за 7 проходов по сокращенной симметричной схеме

Рис. 4. Зависимость усилия прокатки по проходам при прокатке полосы с толщины 17,9 до 3,0 мм



- ряд 1 – прокат за 9 проходов по действующей технологической схеме;
- ряд 2 - прокат за 5 проходов по сокращенной симметричной схеме

Рис. 5. Зависимость усилия прокатки по проходам при прокатке полосы с толщины 3,0 до 0,5 мм

Для оценки расчетных данных симметричной и асимметричной прокатки на участке выплавки и разливки отобрали непрерывные литые медные полосы по следующим критериям: отсутствие ликвационных признаков, трещин, пережимов, наплывов, газовых пор и пузырей.

Все процедуры отвечают требованиям международных стандартов DIN, DIN-EN, ASTM, ISO и т.п.

Глубину сферической лунки определяли на приборе Эриксона пуансоном диаметром 20,0 мм.

Относительное удлинение, предел прочности на разрыв определяли на универсальной испытательной машине серии SUN/5.

Микроструктуру определяли с помощью промышленного микроскопа Nikon ECLIPSE L150.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования по диссертационной работе доктора философии (PhD) на тему «Совершенствование технологического процесса холодной прокатки листовых металлов» представлены следующие выводы:

1. Разработаны технологические основы прокатки, научно-технические и технологические методы и энергоэффективные прокатные агрегаты. Полученные результаты позволят осуществлять модифицирование металлических изделий предложенными методами.

2. Разработаны режимы прокатки полосы, полученной методом литья после фрезерования. Результаты позволяют сэкономить на 5-7% энергии в процессе прокатки.

3. Разработана усовершенствованная технология прокатки листовой меди на прокатном стане. Результаты позволят уменьшить количество проходов с 7 до 5 в течение периода прокатки.

4. Разработаны процессы термической обработки прокатанных металлов. Результаты позволят снизить нагрузку на рабочие валки на 3%.

5. Разработаны рекомендации по оптимизации технологического процесса прокатки на основе теоретических и экспериментальных исследований. Полученные результаты служат выбору оптимальных режимов прокатки в производственных условиях.

6. Разработана экономически эффективная усовершенствованная технология прокатки медной полосы. Полученные результаты позволят повысить экономическую эффективность на 3-5%.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES SCIENCES
DSc.27.06.2017.FM/T.03.04 UNDER TASHKENT STATE TECHNICAL
UNIVERSITY AND THE NATIONAL UNIVERSITY OF UZBEKISTAN**

TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY

BAHADIROV KUDRATKHON GAYRATOVICH

**IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF COLD
ROLLING OF SHEET METALS**

**05.02.01 – Materials science in mechanical engineering. Foundry. Heat treatment and
processing of metals under pressure. Metallurgy of ferrous, non-ferrous and rare metals**

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY
(PHD) ON TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent - 2017

The theme of doctoral dissertation (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2017.1PHD/T69

The doctoral dissertation is made in the Bukhara Engineering and Technology Institute
The abstract of the dissertation is posted in two languages (Uzbek, Russian, English (abstract)) on the website www.tadqiqotchi@tdtu.uz and on the Information and Educational Portal "ZiyoNet" at www.ziyo.net.

Scientific adviser: **Saidakhmedov Ravshan Khalkhodjayevich**
doctor of technical sciences, professor

Official opponents: **Makhkamov Rufat Gulyamovich**
doctor of technical sciences, professor
Abdullaev Fathulla Sagdullaevich
doctor of technical sciences, professor

Leading organization: **Almalyk Mining and Metallurgical Plant**

The defense will take place « » 2017 at 14-00 at the meeting of scientific council DSc.27.06.2017.FM/T.03.04 at Tashkent State Technical University and National University of Uzbekistan located at 2, University street, Tashkent, 100095. Tel/fax No (99871) 227-10-32, e-mail: tadqiqotchi@tdtu.uz.

The dissertation can be reviewed at the Information and Resource Center of Tashkent State University (registration number 23). (Address: 100095, Tashkent, st. University, 2. Tel/Fax: (99871) 246-46-00).

Abstract of dissertation sent out on « » 2017 y.
(mailing report № on « » 2017 y).

K.A.Karimov
Chairman of scientific council for
awarding degree,
doctor of technical sciences, professor

N.D.Turakhodjayev
Scientific secretary of scientific council
for awarding degree, doctor of technical sciences, docent

R.M.Mikhridinov
/Chairman of scientific council seminar at the
Scientific Council for the awarding academic degrees,
doctor of technical sciences, professor

DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD) DISSERTATION ABSTRACT ON TECHNICAL SCIENCES

Contents of the DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD) Dissertation Abstract

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research work is the development of energy-saving technology by improving the technology of cold rolling of sheet metals.

The tasks of research:

Analysis of rolling regimes, the study of the current state of research of available rolling technologies and the development of their refinement;

Calculation of energy consumption for cold symmetrical rolling and development of recommendations on energy saving indicators of the technological process;

Comparative analysis of physical and mechanical properties of rolled sheet metals;

Development of energy-saving technology of cold rolling of sheet metals.

The object of the research work is a cast and rolled strip of copper and its alloys.

Scientific novelty of the research work. The scientific novelty of the research is as follows:

the design of the mill and the effective technology of symmetrical cold rolling of asymmetric rolling are developed by calculating the parameters;

a new energy-saving symmetrical rolling technology is developed by modifying the available rolling technologies;

the technology of thermal processing of sheet copper and its alloys received by new energy-saving technology of symmetrical rolling is developed;

new modes of heat treatment of copper strip after rolling have been developed.

The practical results of the study are as follows:

a new design of a semi-industrial rolling mill in production conditions for the production of sheet metals by cold rolling has been developed;

a rolling technology has been developed that allows cutting energy and human resources by 20-30% to produce sheet metals during cold rolling;

The effective heat treatment regimes for cold rolled copper and its alloys have been developed.

The outline of the thesis. The content of the thesis consists of an introduction, four chapters, conclusion, a list of literature. The volume of the thesis is 120 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

1. Сайдахмедов Р.Х., Бахадиров К.Г. Изменение траектории деформации при асимметричной прокатке листовых металлов с гранецентрированной кубической структурой на основе результатов экспериментальных исследований. // Вестник ТашГТУ, 2015. № 1. С. 85-90. (05.00.00. №16).
2. Бахадиров К.Г. Изучение ориентаций кристаллографических решеток листового алюминия после асимметрической прокатки. // «Композицион Материаллар» Журнали, 2013 йил 1 сони. С. 18-22. (05.00.00. №13).
3. Бахадиров К.Г. Механические свойства прокатанного листового алюминия 1050 после отпуска. // «Композицион Материаллар» журналы, 2012 йил 2 сони. С. 15-18. (05.00.00. №13).
4. Salokhiddin D. Nurmurodov, Alisher K. Rasulov, Nodir D. Turahadjaev, Kudratkhon G. Bakhadirov. Development of New Structural Materials with Improved Mechanical Properties and High Quality of Structures through New Methods. //Canadian Journal of Materials Science Research, Vol. 5, No. 3, 2016. Pp. 52 -58. (05.00.00. №5).
5. K.G. Bakhadirov, K.R. Alisher, Umarov Erkin Adilovich. Features of sheet metals” symmetrik and asymmetric rolling. //European Sciences review. Vol. № 7-8. 2016. Pp. 24-25.Vienna (Австрия). (05.00.00. №3).
6. Bakhadirov K.G. Crystallographic texture changes in asymmetric rolling of pure aluminum. // Ёш олимлар анжумани материаллари, Ўзбекистон Республикаси Фанлар академияси Ноябрь-11, 2011. 19-22 бетлар.
7. Бахадиров К.Г. Асимметрическая прокатка листового алюминия. //Ёш олимлар анжумани материаллари, Тошкент тўқимачилик ва енгил саноат институти. 29-30 май, 2011. 45-46 бетлар.
8. Расулов А.Х., Бахадиров Қ.Г. Қаттиқ қотишмаларни тайёрлаш технологияси. // “Техника ва технологиянинг долзарб муаммолари, уларнинг энерготехнамкор ва инновацион ечимлари” Республика илмий-техник анжумани материаллари, I-қисм, - Фарғона 2016 йил 20-22 апрель, 51-53 б.
9. Bahadirov K.G. Design of screw roller with input parameters. // 9th U.S National Congress on Computational Mechanics, USNCCM9, July 22-26, 2007. San Fran., California, U.S. Association for Computational Mechanics. P. 31, 80.
10. Бахадиров К.Г., Баклушин М.Б., Ризаев А.А. и др. Определение силового взаимодействия листового материала с валковой парой. //Прикладные задачи математики и механики: Материалы XV международной научной

конференции ученых Украины, Белоруссии, России, г. Севастополь, 17-21 сентября 2007 г. - Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2007. С. 199-203.

11. Bahadirov K.G., Bahadirov D.G. Exploration of rolling pairs for sheet material's mechanical operation. // Proceedings International Conference on Engineering Optimization Rio de Janeiro, Brazil, June 1-5, 2008/ 3265, http://www.engopt.org/nukleo/pdf/engopt2008_conference_program.pdf, P.11.
12. Bahadirov K.G., Bahadirov D.G. Condition of retraction of sheet material with rolling pair. // 8th. World Congress on Computational Mechanics (WCCM8) and the 5th. European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering (ECCOMAS 2008), the Lido Island in Venice (Italy) on 30 June - July 2008.

Автореферат «ТошДТУ хабарлари» илмий журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус, инглиз (резюме) тилларидаги матнлар мослиги текширилди (16.10. 2017 й).

Босишга рухсат этилди: 16.10.2017 йил
Бичими 60x84 $\frac{1}{16}$, «Times New Roman»
гарнитурда рақамли босма усулида босилди.
Шартли босма табағи 5. Адади: 100. Буюртма: № 68.

«Алоқачи» босмахонасида чоп этилди.
Тошкент шаҳри, А. Темур кўчаси 108

