

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ, ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ,
ՄՇԱԿՈՒՅԹԻ ԵՎ ՍՊՈՐՏԻ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

Պապոյան Ռոբերտ Սեթի

ՄԱՍՆԱԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆԻ
ՄՇԱԿՈՒՅԹԻ ԵՎ ՍՊՈՐՏԻ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅԱՆ
ԳՐՈՇԸՆԹԱՅԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ

Ե.16.01 - «Նյութագիտություն» մասնագիտությամբ տեխնիկական
գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման
ատենախոսության

Ս Ե Ղ Մ Ա Գ Ի Ր

Երևան 2022

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ, КУЛЬТУРЫ И СПОРТА
РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ АРМЕНИИ

Папоян Роберт Сетович

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ЗАКАЛКИ ЛИТЕЙНЫХ ШАРОВ ИЗ СТАЛИ
МАРКИ ХГС И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности 05.16.01-
“Материаловедение”

Ереван 2022

Ատենախոսության թեման հաստատվել է Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանի (ՀԱՊՀ) գիտական խորհրդի կողմից

Գիտական ղեկավար՝ տեխ. գիտ. դոկտոր, պրոֆ. Սուրեն Գևորգի Աղբալյան
ՀՀ գիտության վաստակավոր գործիչ


Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝
տեխ. գիտ. դոկտոր, պրոֆ. Հասմիկ Սամսոնի Պետրոսյան
տեխ. գիտ թեկնածու Արման Ստեփանի Գասպարյան

Առաջատար կազմակերպություն՝ ՀՀ ԳԱԱ Մ.Գ. Մանվելյանի անվան
ընդհանուր և անօրգանական քիմիայի ինստիտուտ (ք. Երևան)

Ատենախոսության պաշտպանությունը կայանալու է 2022թ. սեպտեմբերի 23-ին ժամը 15⁰⁰-ին Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանում (ՀԱՊՀ) գործող ՀՀ ԲՈԿ-ի «Մետալուրգիա և նյութագիտություն» մասնագիտական խորհրդի «Նյութագիտություն» ենթախորհրդի (թվանիշ Ե.16.01) նիստում: Հասցեն՝ 0009, Երևան, Տերյան փ., 105:

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՀԱՊՀ-ի գրադարանում:

Սեղմագիրն առաքված է 2022թ. հունիսի 17-ին:

031 մասնագիտական խորհրդի գիտական
քարտուղար, տեխ. գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր  Ա. Մ. Հովհաննիսյան

Тема диссертации утверждена ученым советом Национального политехнического университета Армении (НПУА)

Научный руководитель: докт. техн. наук, проф., Сурен Геворкович Агбалиян
заслуженный деятель науки РА

Официальные оппоненты: докт. техн. наук, проф. Асмик Самсоновна Петросян
канд. техн. наук Арман Степанович Гаспарян

Ведущая организация: Институт общей и неорганической химии им. М.Г. Манвеляна НАН РА (г. Ереван)

Защита диссертации состоится 23 сентября 2022г. в 15⁰⁰ ч. на заседании подсовета "Материаловедение" (шифр 05.16.01) Специализированного совета "Металлургия и материаловедение" (шифр 031) ВАК РА, действующего при Национальном политехническом университете Армении, по адресу: 0009, г. Ереван, ул. Теряна, 105.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке НПУА.

Автореферат разослан 17 июня 2022 г.

Ученый секретарь Специализированного
совета 031, докт. техн. наук, профессор



А.М. Оганесян

ԱՏԵՆԱԽՈՍՈՒԹՅԱՆ ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԲՆՈՒԹԱԳԻՐԸ

Աշխատանքի հրատապությունը և արդիականությունը: Հայաստանի Հանրապետության ընդերքը հարուստ է գունավոր մետաղներով, հատկապես՝ պղնձով, մոլիբդենով, ոսկով, արծաթով, ցինկով, կապարով և այլն, որոնք հանքաքարում հանդես են գալիս հիմնականում սուլֆիդային միացությունների տեսքով: Հանքանյութերից մետաղների կորզումն անհնար է պատկերացնել առանց մետաղական խտանյութերի ստացման, որի նպատակով հանքաքարերը գնդաղացներում նախօրոք ենթարկվում են մեխանիկական ջարդման և մանրացման, ինչը տարածված մեթոդ է և հնարավորություն է տալիս ստանալ ցանկացած հատիկայնությամբ հանքաքար և մեծացնել մետաղի կորզման աստիճանը: Այս մեթոդը կիրառվում է համեմատաբար փխրուն հանքաքարերի մանրացման դեպքում, ինչպիսիք են գունավոր մետաղների հանքաքարերը:

Հանքաքարերի ջարդման և մանրացման ժամանակ օգտագործվում են մեծ քանակությամբ պողպատյա գնդեր, որոնք աշխատում են դինամիկ հարվածների և ինտենսիվ մաշման պայմաններում: Գնդերի կարծրության, ամրության և մաշակայունության բարձրացումը՝ բավարար մածուցիկության ապահովմամբ, հանդիսանում է կարևոր գիտատեխնիկական խնդիր, որի լուծումով մեծանում է գնդերի աշխատունակությունը և երկարակեցությունը: Հատկապես կարևոր է գնդերի ջերմային մշակման գործընացի կատարելագործումը և օպտիմալացումը՝ արտադրատեսակների ֆիզիկա-քիմիական և մեխանիկական հատկությունների լավացման նպատակով:

Գունավոր մետաղների հանքաքարերի մանրացման համար, համաձայն ԳՕՏ 7524-89 և ԳՕՏ 5950-2000-ի, օգտագործվող գնդերը պատրաստում են XԳՇ մակնիշի պողպատից, որոնց միսման գործընթացը կատարվում է դասական եղանակով՝ մխում հանքային յուղում և ցածր ջերմաստիճանային արձակում: Սակայն 80 մմ և ավելի տրամագիծով գնդերի՝ յուղում միսման ժամանակ, սառեցման փոքր արագության պատճառով, տեղի են ունենում գնդերի ինքնարձակում և մակերևույթային շերտի կարծրության անկում, ինչն անընդունելի է: Մինչդեռ մխումից հետո, ըստ գնդի շառավղի 0,5R խորության, կարծրությունը պետք է լինի HRC 64, իսկ միջուկում՝ HRC 45 միավոր, այսինքն մակերևույթային շերտում պետք է ստացվեն մարտենսիտային, իսկ միջուկում՝ տրոստիտային կառուցվածքներ: Ելնելով վերոնշյալից՝ հետազոտման ներկայացվող խնդրի լուծումը, այսինքն առաջարկվող աշխատանքը խիստ արդիական է, հրատապ, հեռանկարային և տարբերվում է ավանդական եղանակներից:

Հետազոտության նպատակը և խնդիրները: Առենախոսության հիմնական նպատակն է մշակել XԳՇ մակնիշի 120 մմ տրամագծով պողպատյա գնդերի միսման միջավայրի ընտրման և միսման գործընթացի իրականացման ավզորիքմ և ծրագիր, որոնք կապահովեն գնդի շառավղի երկարությամբ՝ մակերևույթից դեպի կենտրոն, պահանջվող կառուցվածքի և մեխանիկական

հատկությունների ստացումը:

Աշխատանքում առաջադրվել և լուծվել են հետևյալ խնդիրները.

1. Գունավոր մետաղների հանքարերը մանրացնող պողպատյա գնդերի աշխատանքային պայմանների ուսումնասիրումը և դրանց անհրաժեշտ հատկությունների հիմնավորումը:

2. XFC մակնիշի 120 մմ տրամագծով պողպատյա գնդերի միսման գործընթացի հետազոտումը նախիտային լատեքսի ջրային լուծույթում և միսման միջավայրի օպտիմալ բաղադրության ընտրումն ու հիմնավորումը:

3. XFC մակնիշի 120 մմ տրամագծով պողպատյա գնդերի միսման գործընթացի իրականացման ալգորիթմի և ծրագրի մշակումը:

4. XFC մակնիշի 120 մմ տրամագծով պողպատյա գնդերի ջերմային մշակման ժամանակ կառուցվածքագոյացման մեխանիզմը և հատկությունների ձևավորումը:

5. XFC մակնիշի 120 մմ տրամագծով պողպատյա գնդերի միսման և արձակման տեխնոլոգիան և տեխնիկա-տնտեսագիտական հիմնավորումը:

Պաշտպանության ներկայացվող հիմնական դրույթները:

1. Հանքաքարերը մանրացնող պողպատյա գնդերի միսման համար օգտագործվող սառեցնող միջավայրերը, դրանց վերլուծությունը և առանձնահատկությունները:

2. Գունավոր մետաղների հանքարերը մանրացնող գնդերի աշխատանքային պայմանները և դրանց անհրաժեշտ հատկությունները:

3. XFC մակնիշի 120 մմ տրամագծով պողպատյա գնդերի միսման միջավայրի ընտրման և միսման գործընթացի իրականացման ալգորիթմը և ծրագիրը:

4. Ըստ մշակված ալգորիթմի և ծրագրի՝ XFC մակնիշի պողպատից պատրաստված 120 մմ տրամագծով գնդերի միսման միջավայրը, ընտրումը և հիմնավորումը:

5. XFC մակնիշի 120 մմ տրամագծով պողպատյա գնդերի միսման և արձակման տեխնոլոգիան և տեխնիկա-տնտեսագիտական հիմնավորումը:

Աշխատանքի գիտական նորույթը:

Տեսական հետազոտություններով հիմնավորվել է, որ բարձր լիամխելիությամբ ոչ ջերմակայուն պողպատների միսման համար որպես սառեցնող միջավայր նպատակահարմար է նոր պոլիմերային լուծույթների մշակումը և կիրառումը, որոնք հնարավորություն կտան՝ փոքրացնելու արտադրատեսակների սառեցման կրիտիկական արագությունը, մեծացնելու լիամխելիությունը, նվազեցնելու ներքին լարումերը և դեֆորմացիաները:

Բացահայտվել է, որ բարձր աշխատունակություն ապահովելու համար գնդաղացներում գունավոր մետաղների հանքաքարերը մանրացնող գնդերի մակերևութային շերտը՝ 0,5R խորությամբ, պետք է ունենա մարտենիտային,

իսկ միջուկը՝ տրոստիտային կառուցվածք, որոնք ապահովելու համար առաջարկվել է մշակել միմյան այնպիսի միջավայր, որը միմյան ժամանակ աուստենիտային տիրույթում ապահովի սառեցման մեծ արագություն, իսկ աուստենիտ-մարտենսիտային տիրույթում՝ փոքր արագություն: Արդյունքում, ներքին լարումների փոքրացման շնորհիվ, կփոքրանա ճաքերի առաջացման վտանգը, և կմեծանա գնդերի աշխատունակությունը:

Օգտագործելով LabView ծրագիրը և ընդլայնելով մուտքային պայմանները, XFC մակնիշի պողպատի աուստենիտի իզոթերմ տրոհման C-ձև դիագրամի վրա կառուցվել են յուղում և 1,5%-ոց նաիրիտային լատեքսի ջրային լուծույթում մխվող գնդերի սառեցման կորերը, որի արդյունքում երաշխավորվել է գնդերի միմյան համար նախկինում օգտագործվող հանքային յուղերը փոխարինել նաիրիտային լատեքսի 1,5%-ոց ջրային լուծույթով:

Գիտափորձերի արդյունքում ընտրվել և հիմնավորվել է XFC մակնիշի 120 մմ տրամագծով պողպատյա գնդերի միմյան և արձակման օպտիմալ ռեժիմները. միմյան ջերմաստիճանը՝ $840 \pm 10^\circ\text{C}$, միմյան ջերմաստիճանում պահման տևողությունը յուրաքանչյուր մեկ մմ հաստության համար՝ 1,5...2,0 րոպե, սառեցնող լուծույթում նաիրիտային լատեքսի կոնցենտրացիան՝ 1,5 %, սառեցնող միջավայրի ջերմաստիճանը՝ $20 \dots 30^\circ\text{C}$, արձակման ջերմաստիճանը՝ $200 \dots 250^\circ\text{C}$, պահման տևողությունը՝ 1,5...2,0 ժամ: Ընտրված ռեժիմներով ջերմամշակված գնդերի կառուցվածքը մակերևութային շերտում՝ մինչև 0,5R խորությամբ, ստացվում է արձակման մարտենսիտային, իսկ միջուկում՝ արձակման տրոստիտային: Կարծրությունը և հարվածային մածուցիկությունը մակերևութային շերտում ստացվել են HRC 63...65 միավոր է, $KC = 37 \dots 38$ Ջ/սմ², իսկ միջուկում՝ HRC 44...45 միավոր, $KC = 48 \dots 50$ Ջ/սմ², որոնք լիովին բավարարում են գործող GOCT-երի պահանջները:

XFC մակնիշի 120 մմ տրամագծով պողպատյա գնդերի ջերմամշակման օպտիմալ ռեժիմների ընտրման և պահանջվող հատկությունների ապահովման գործընթացը վերահսկելու նպատակով առաջին անգամ մշակվել են ալգորիթմ և համակարգչային ծրագիր, ինչը հնարավորություն է տալիս միմյան ժամանակ հանքային յուղի փոխարեն օգտագործել նաիրիտային լատեքսի 1,5%-ոց ջրային լուծույթ: Միաժամանակ փոփոխելով ջրային լուծույթում նաիրիտային լատեքսի կոնցենտրացիան՝ կարելի է ստանալ ցանկացած լիամխելիություն և պահանջվող հատկություններ:

Աշխատանքի կիրառական նշանակությունը: Մշակվել են XFC մակնիշի 120 մմ տրամագծով պողպատյա ձուլված գնդերի միմյան օպտիմալ ռեժիմները 1,5%-ոց նաիրիտային լատեքսի ջրային լուծույթում մխելիս, որի արդյունքում տեղի է ունենում գնդերի աշխատունակության ռեսուրսի մեծացում՝ միջինը 5%-ով և տնտեսվում է տարեկան ~30% հանքային յուղ: Մշակված ալգորիթմը և համակարգչային ծրագիրը հնարավորություն են տալիս՝ ջրային

լուծույթում նաիրիտային լատեքսի կոնցենտրացիայի փոփոխման միջոցով ստանալու գնդաղացներում գունավոր մետաղների հանքաքարերը մանրացնող XFC մակնիշի պողպատից պատրաստված 120 մմ տրամագծով գնդերի ցանկացած լիամխելիություն և պահանջվող հատկություններ:

Ատենախոսության տեսական, տեղեկատվական և մեթոդական հիմքերը: Ատենախոսության թեմայի համար հիմք են ծառայել հայրենական և արտասահմանյան դասական և ժամանակակից աշխատությունները: Հետազոտության համար տեղեկատվական հիմք են հանդիսացել հրապարակված պաշտոնական տեղեկատուները և տեղեկագրերը, ինչպես նաև տեխնիկական պարբերականները, պատենտները, ԳՈՍԵ-երը և այլն:

Հետազոտությունների ընթացքում կիրառվել են համակարգչային, մոդելավորման, գրաֆիկական, մետաղագրական, ռենտգենակառուցվածքային, համեմատական վերլուծությունների և այլ մեթոդներ:

Աշխատանքի արդյունքների փորձարկումը և հրապարակումները:

Ատենախոսության հիմնադրույթները և գործնական հանձնարարականները զեկուցվել ու քննարկվել են Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանի 2019...2021թթ. տարեկան գիտաժողովներում և «Մետալուրգիա և նյութագիտություն» ամբիոնի գիտական սեմինարներում: Ատենախոսության արդյունքները հրապարակված են 6 գիտական աշխատանքներում, որոնցից երեքը՝ առանց համահեղինակների:

Ատենախոսության կառուցվածքը և ծավալը: Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, չորս գլուխներից, ընդհանուր եզրակացությունից և 119 անուն օգտագործված գրականության ցանկից: Այն շարադրված է 119 համակարգչային տպագիր էջի վրա, ներառում է 46 նկար և 11 աղյուսակ:

ԱՏԵՆԱՒՄՈՒԹՅԱՆ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ներածությունում հիմնավորված է ատենախոսության թեմայի արդիականությունը, ներկայացված են հիմնական նպատակները և պաշտպանության ներկայացվող դրույթները, ինչպես նաև աշխատանքի կիրառական նշանակությունը:

Առաջին գլխում կատարված գրականության վերլուծության արդյունքում հիմնավորվել է, որ բարձր լիամխելիությամբ ոչ ջերմակայուն պողպատների միսման համար որպես սառեցնող միջավայր նպատակահարմար է նոր լուծույթների մշակումը, այդ թվում՝ նոր պոլիմերային լուծույթների կիրառումը, որոնք հնարավորություն կտան փոքրացնել արտադրատեսակների սառեցման կրիտիկական արագությունը, մեծացնել լիամխելիությունը, նվազեցնել ներքին լարումները և դեֆորմացիաները:

Ցույց է տրված, որ պողպատյա արտադրատեսակներից պահանջվող ֆիզիկա-մեխանիկական հատկությունների ապահովման համար անհրաժեշտ է իմանալ միսման ժամանակ սառեցման յուրաքանչյուր փուլի ավարտման պայմանները, որոնք որոշվում են սառեցման կորերի համատեղ վերլուծության

հիման վրա և կառուցվում արտադրատեսակների ջերմաստիճանային դաշտի հաշվարկի ու պողպատի ջերմակինետիկական դիագրամի կառուցման արդյունքում: Ինչ վերաբերում է բարձր լիամխվելիությամբ ոչ ջերմակայուն պողպատների միման գործընթացին, հատկապես հանքարդյունաբերությունում օգտագործվող պողպատյա գնդերի միմանը, ապա առայժմ չկան հստակ մոտեցումներ և հետազոտություններ, որոնք հնարավորություն կտան իրականացնել վերահսկվող ռեժիմներով ջերմային մշակում՝ պահանջվող հատկություններ ապահովելու նպատակով: Չկան նաև պոլիմերային լուծույթներում, մասնավորապես՝ նաիրիտային լատեքսի ջրային լուծույթում, պողպատյա գնդերի միմանը վերաբերող հետազոտություններ:

Հիմնավորվել է գնդաղացներում գունավոր մետաղների հանքաքարերը մանրացնող բարձր լիամխվելիությամբ ոչ ջերմակայուն XFC մակնիշի պողպատից ձուլված 120 մմ տրամագծով գնդերի միման գործընթացի իրականացման ալգորիթմի և ծրագրի մշակումը, որը կապահովի գնդի շառավղի երկարությամբ՝ մակերևութից դեպի կենտրոն, պահանջվող կառուցվածքի և մեխանիկական հատկությունների ստացումը: Արդյունքում հիմնավորվել են աշխատանքի նպատակը և հետազոտության խնդիրները:

Երկրորդ գլխում կատարվել են գնդաղացներում հանքաքարերի մեխանիկական մանրացման գործընթացի ուսումնասիրություն և առանձնահատկությունների բացահայտում: Տույց է տրվել, որ գնդաղացներում հանքաքարերի մանրացման դեպքում կարևոր ցուցանիշներ են հանդիսանում գնդաղացի պատման արագությունը, գնդերի օպտիմալ զանգվածը և տրամագիծը, հանքանյութի նախնական չափերը և ծավալը, ինչպես նաև գնդերի կառուցվածքը և հատկությունները:

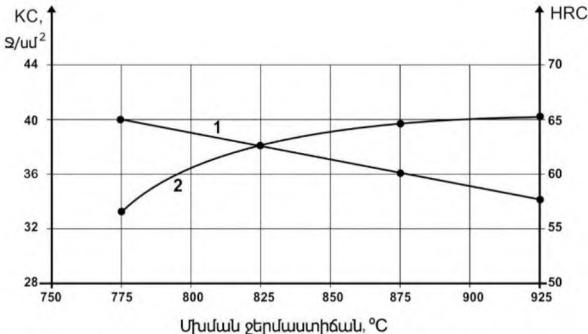
Գնդաղացներում օգտագործվող գնդերի աշխատանքային պայմանների ուսումնասիրման արդյունքում բացահայտվել է, որ բարձր աշխատունակություն ապահովելու համար գնդերի մակերևութային շերտը՝ 0,5R խորությամբ, պետք է ունենա մարտենսիտային կառուցվածք, իսկ միջուկը՝ տրոստիտային: Նշվածն ապահովելու համար առաջարկվել է մշակել միման այնպիսի միջավայր, որը կապահովի առատենիտային տիրույթում սառեցման մեծ, իսկ առատենիտ-մարտենսիտային տիրույթում՝ փոքր արագություններ: Այն հնարավորություն կտա, ներքին լարումների փոքրացման շնորհիվ, կանխել ճաքերի առաջացման վտանգը և մեծացնել գնդերի աշխատունակությունը:

Կատարվել է ելանյութերի և չափիչ-հսկիչ սարքավորումների ընտրում, բնութագրերի ուսումնասիրում և հիմնավորում: Ընտրվել և հիմնավորվել են XFC մակնիշի 120մմ տրամագծով ձուլված գնդերի լիամխելիության, մխելիության և մեխանիկական հատկությունների որոշման մեթոդները:

Սառեցման ժամանակ հետազոտվող փորձանմուշի ջերմաստիճանի չափման և ժամանակից կախված սառեցման կորերի ավտոմատ կառուցման

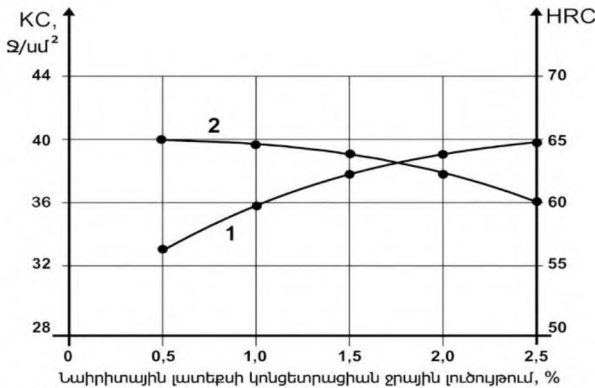
որ նաիրիտային լատեքսի կոնցենտրացիան օգտագործվող սառեցման միջավայրում ուղիղ համեմատական է սառեցման արագությանը, ուստի նպատակահարմար է եղել որպես մուտքային արժեք, այսինքն՝ փոփոխական, վերցնել հենց վերոնշյալ կոնցենտրացիան (c, %): Կատարվել է փորձերի պլանավորում: Որպես ելքային արժեք վերցվել են միավաճ և արձակված գնդերի կարծրությունը (HRC), իսկ որպես կառուցվածքագայուն հատկություն՝ հարվածային մածուցիկությունը (KC):

XFC մակնիշի 120 մմ տրամագծով պողպատյա ձուլված գնդերի ջերմամշակման օպտիմալ ռեժիմներն ընտրելու նպատակով կատարվել է փորձանմուշների միում 775°C-ից մինչև 925°C ջերմաստիճանային տիրույթում՝ 50°C քայլով: Նաիրիտային լատեքսի համար որպես օպտիմալ կոնցենտրացիա վերցվել է 1,5% ջրային լուծույթը, իսկ լուծույթի ջերմաստիճանը՝ 20°C: Միսման ջերմաստիճանում փորձանմուշի պահման տևողությունը վերցվել է յուրաքանչյուր մեկ մմ հաստության համար 1,5...2,0 րոպե, որի նպատակը Պ→Ա փոխակերպության լրիվ ապահովումն է: Փորձերի արդյունքները բերված են նկ. 2-ում: Ինչպես երևում է նկարից, միսման ջերմաստիճանի բարձրացմամբ տեղի է ունենում կարծրության աճ, որը 900°C-ում հավասարվում է HRC 65 միավորի: Այնուհետև ջերմաստիճանի հետագա բարձրացումը կարծրության վրա ոչ մի ազդեցություն չի թողնում. այն մնում է հաստատուն: Այլ է պատկերը հարվածային մածուցիկության դեպքում. ջերմաստիճանի բարձրացմամբ այն անընդհատ նվազում է, ինչը պայմանավորված է խոշորահատիկ կառուցվածքի ստացմամբ: Փորձերի արդյունքում որպես միսման օպտիմալ ջերմաստիճան ընտրվել է 820...860°C, որի դեպքում կարծրությունը ստացվել է HRC 63 միավոր:



Նկ. 2. XFC մակնիշի պողպատի հարվածային մածուցիկության (1) և կարծրության (2) կախվածությունը միսման ջերմաստիճանից. միսման ջերմաստիճանում պահման տևողությունը յուրաքանչյուր մեկ մմ հաստության համար վերցվել է 1,5...2,0 րոպե, նաիրիտային լատեքսի կոնցենտրացիան սառեցնող միջավայրում՝ 1,5%, իսկ լուծույթի ջերմաստիճանը՝ 20°C

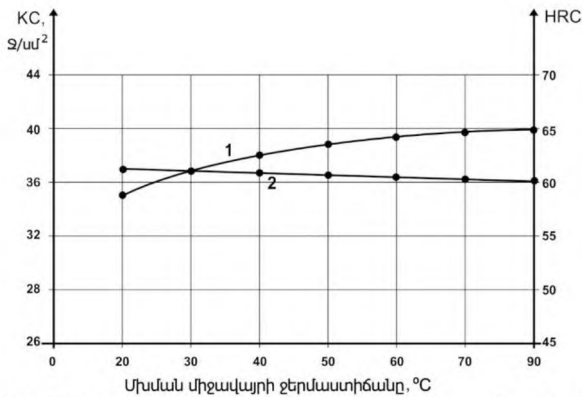
Հետագա հետազոտությունների համար միսման ջերմաստիճանը վերցվել է $840 \pm 10^\circ\text{C}$, իսկ միսման միջավայի ջերմաստիճանը՝ 20°C : Փոփոխվել է միայն նաիրիտային լատեքսի լուծույթի կոնցենտրացիան՝ 0,5%-ից մինչև 2,5%: Փորձանմուշների չափերը և ելքային պարամետրերը մնացել են անփոփոխ: Փորձերի արդյունքները բերված են նկ. 3-ում, համաձայն որոնց՝ նաիրիտային լատեքսի կոնցենտրացիայի մեծացմամբ տեղի է ունենում կարծրության անկում, որը 1,5% կոնցենտրացիայի դեպքում հավասարվում է HRC 63 միավորի: Կարծրության անկումը պայմանավորված է միսման սառեցման արագության փոքրացմամբ և կառուցվածքում բեյնիտային կառուցվածքի ի հայտ գալով: Այլ է պատկերը հարվածային մածուցիկության դեպքում. կոնցենտրացիայի բարձրացմամբ այն անընդհատ աճում է, ինչը պայմանավորված է սառեցման արագության փոքրացմամբ և մարտենսիտ-բեյնիտային կառուցվածքի ստացմամբ: Փորձերի արդյունքում սառեցնող լուծույթում նաիրիտային լատեքսի օպտիմալ կոնցենտրացիան վերցվել է 1,5%, որի դեպքում կարծրությունը ստացվել է HRC 63 միավոր:



Նկ. 3. Մակնիշի պաղպատի հարվածային մածուցիկության (1) և կարծրության (2) կախվածությունը սառեցնող միջավայրում նաիրիտային լատեքսի կոնցենտրացիայից. միսման ջերմաստիճանը վերցվել է $840 \pm 10^\circ\text{C}$, միսման ջերմաստիճանում պահման տևողությունը յուրաքանչյուր մեկ մմ հաստության համար՝ 1,5...2,0 րոպե, իսկ լուծույթի ջերմաստիճանը՝ 20°C

Փորձերի հաջորդ փուլում որպես փոփոխական վերցվել է միսման միջավայի ջերմաստիճանը՝ հաստատուն թողնելով միսման ջերմաստիճանը ($840 \pm 10^\circ\text{C}$) և սառեցնող լուծույթում նաիրիտային լատեքսի կոնցենտրացիան (1,5%): Փորձանմուշների չափերը և ելքային պարամետրերը մնացել են անփոփոխ: Փորձերի արդյունքները բերված են նկ. 4-ում, համաձայն որոնց՝ 1,5% նաիրիտային լատեքս պարունակող սառեցնող միջավայրի ջերմաս-

տիճանի բարձրացմամբ՝ 20°C-ից մինչև 80°C, տեղի է ունենում հարվածային մածուցիկության աճ՝ $KC=40...41$ Ջ/սմ², որն արդյունք է մնացորդային աուստենիտի քանակի ավելացման:

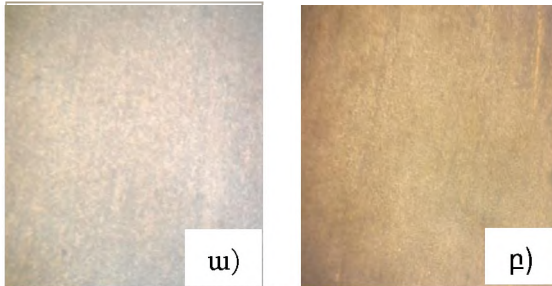


Նկ. 4. XԳ մակնիշի պողպատի հարվածային մածուցիկության (1) և կարծրության (2) կախվածությունը սառեցնող միջավայրի ջերմաստիճանից. միման ջերմաստիճանը վերցվել է $840 \pm 10^\circ\text{C}$, միման ջերմաստիճանում պահման տևողությունը յուրաքանչյուր մեկ մմ հաստության համար՝ 1,5...2,0 րոպե, սառեցնող լուծույթում նաիրիտային լատեքսի կոնցենտրացիան՝ 1,5%

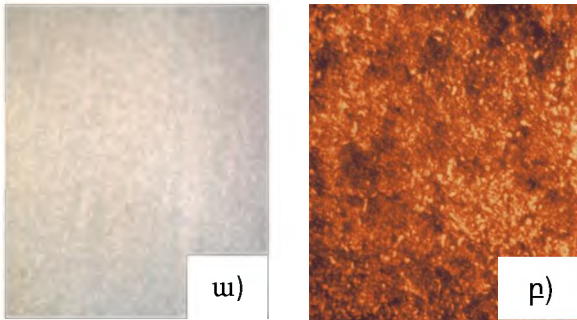
ինչպես ցույց են տալիս փորձերը, XԳ մակնիշի պողպատյա փորձանմուշները $840 \pm 10^\circ\text{C}$ ջերմաստիճանից նաիրիտային լատեքսի 1,5%-ոց ջրային լուծույթում մխելիս ստացվել է մանր ասեղնավոր մարտենսիտային կառուցվածք (նկ. 5, ա): Ավելի մանրահատ կառուցվածք ստացվել է 775°C ջերմաստիճանից նույն միջավայրում մխելիս (նկ. 5, բ): $840 \pm 10^\circ\text{C}$ ջերմաստիճանից մխելիս մնացորդային աուստենիտի քանակությունը տատանվում է 14...15% սահմաններում, ինչը թույլ է տալիս նվազագույնի հասցնել դեֆորմացիաները:

Ջերմաստիճանի բարձրացման դեպքում՝ մինչև 925°C , մնացորդային աուստենիտի պարունակությունը մեծանում է մինչև 20%: Եթե ջերմաստիճանը իջեցնում ենք մինչև 775°C , ապա մնացորդային աուստենիտի քանակությունն իջնում է մինչև 8...10%: $840 \pm 10^\circ\text{C}$ ջերմաստիճանից մխելիս աուստենիտի հատիկը տատանվում է 11...10 բալի շրջանակներում, իսկ 925°C ջերմաստիճանի դեպքում իջնում է մինչև 8...9 բալ:

Նկ. 6-ում ցույց է տրված XԳ մակնիշի 120 մմ տրամագծով պողպատյա գնդերի միկրոկառուցվածքը մակերևույթից 5 մմ խորության վրա և միջուկում: Մետաղագրական հետազոտությունների արդյունքում պարզվել է, որ մակերևույթային շերտում կառուցվածքը մանր ասեղնավոր մարտենսիտային է (նկ. 6, ա), իսկ միջուկում՝ տրոստիտային (նկ. 6, բ):

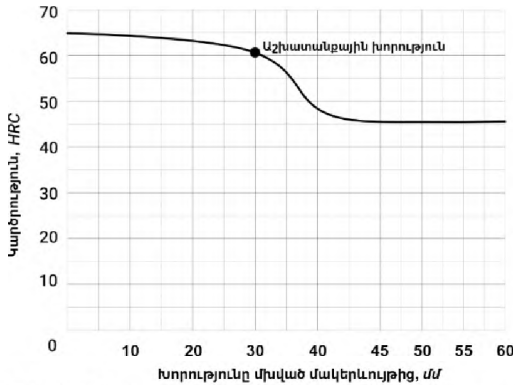


Նկ. 5. XFC մակնիշի պողպատյա փորձանմուշների միկրոկառուցվածքը 840±10°C (ա) և 775±10°C (բ) ջերմաստիճանից նաիրիտային լատեքսի 1,5%-ոց ջրային լուծույթում մխելուց հետո (x 250)



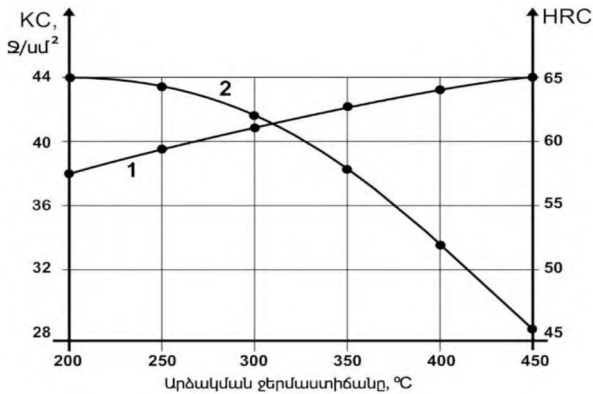
Նկ. 6. XFC մակնիշի 120մմ տրամագծով պողպատյա գնդերի միկրոկառուցվածքը մակերևութային շերտում (ա) և միջուկում (բ). մխումը կատարվել է 840±10°C ջերմաստիճանից նաիրիտային լատեքսի 1,5%-ոց ջրային լուծույթում (x 250)

Կատարված փորձագիտական հետազոտությունների արդյունքում կառուցվել է նաիրտային լատեքսի 1,5%-ոց ջրային լուծույթում XFC մակնիշի 120 մմ տրամագծով պողպատյա գնդերի լիամխելիության կորը շառավղի ուղղությամբ (նկ. 7): Ինչպես երևում է նկ. 7-ից, գնդի մակերևութային շերտում՝ 0,5R խորությամբ, կարծրությունը կազմում է HRC 60...64 միավոր, իսկ միջուկում՝ HRC 44...45 միավոր, այսինքն գնդի մակերևութային շերտում կառուցվածքը մանր ասեղնավոր մարտենսիտային է, իսկ միջուկում՝ տրոստիտային. դա այն է, ինչ պահանջվում է ГОСТ 7524-89-ով և ГОСТ 5950-2000-ով: Ստացված արդյունքներն ամբողջությամբ հիմնավորում են XFC մակնիշի 120 մմ տրամագծով պողպատյա գնդերի մխման համար ներկայումս օգտագործվող հանքային յուղերի փոխարինման ճշտությունը նաիրիտային լատեքսի 1,5% ջրային լուծույթով:



Նկ. 7. XFC մակնիշի 120մմ տրամագծով պողպատյա գնդերի լիամխելիության կորը՝ կարծրության փոփոխությունը մակերևույթից դեպի միջուկ

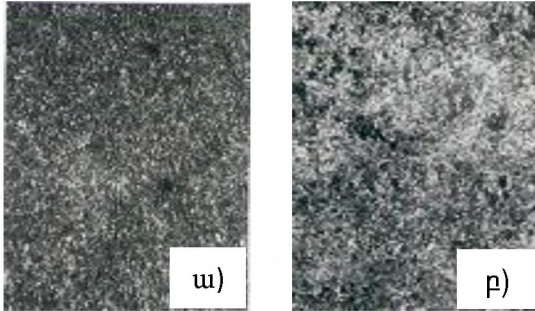
Ինչպես երևում է նկ. 8-ից, արձակման ջերմաստիճանի բարձրացմամբ տեղի է ունենում կարծրության անկում՝ հատկապես 300°C-ից հետո: 300°C-ում HRC 61...62 միավորից նվազում է և 450°C-ում հավասարվում HRC 45...46 միավորի:



Նկ. 8. XFC մակնիշի միավաճ պողպատյա փորձանմուշների հարվածային մածուցիկության (1) և կարծրության (2) կախվածությունն արձակման ջերմաստիճանից. արձակման ջերմաստիճանում պահման տևողությունը՝ 1,5 ժամ

Որոշակի փոփոխություն է կրում հարվածային մածուցիկությունը: Ինչպես և սպասվում էր, հարվածային մածուցիկությունը, որը 200°C-ում արձա-

կելուց հետո հավասար է $KC=37...38$ Ջ/սմ², 450°C-ի դեպքում աճում է մինչև $KC=44$ Ջ/սմ²: Հարվածային մածուցիկության նման փոփոխությունը, կախված արձակման ջերմաստիճանից, պայմանավորված է մխված մարտենսիտի՝ արձակման տրոստիտի փոխակերպմամբ, ինչը հստակ երևում է նկ. 9-ում բերված միկրոկառուցվածքներում:



Նկ. 9. XԴԸ մակնիշի մխված պողպատյա փորձանմուշի միկրոկառուցվածքը 200°C (ա) և 450°C (բ) ջերմաստիճաներում արձակելուց հետո. արձակման ջերմաստիճանում պահման տևողությունը՝ 1,5 ժամ (x500)

Ինչ վերաբերում է արձակման ջերմաստիճանում պահման տևողության ազդեցությանը, ապա համաձայն փորձերի տվյալների՝ արձակման ջերմաստիճանում պահման տևողության մեծացմամբ՝ մինչև 2,5 ժամ, կարծրությունը և հարվածային մածուցիկությունը չեն փոխվում: Պահման տևողության հետագա մեծացմամբ կարծրությունը դանդաղ նվազում է, իսկ հարվածային մածուցիկությունը՝ աճում, ինչը պայմանավորված է մխված մարտենսիտի փոխակերպմամբ արձակման մարտենսիտի:

Կատարված համալիր հետազոտությունների արդյունքում XԴԸ մակնիշի 120 մմ տրամագծով պողպատյա մխված գնդերի համար որպես արձակման ջերմաստիճան ընտրվել է 200...250°C ջերմաստիճանը, իսկ պահման տևողությունը՝ 1,5...2,0 ժամ: Նշված ռեժիմներով մխված գնդերի արձակման արդյունքում գնդի մակերևութային շերտում՝ մինչև 0,5R խորությամբ, կարծրությունը ստացվում է HRC 63...65 միավոր, իսկ միջուկում, որտեղ կառուցվածքը ստացվում է արձակման տրոստիտային՝ HRC 44...45 միավոր: Հարվածային մածուցիկությունը մակերևութային շերտում ստացվում է $KC=37...38$ Ջ/սմ², իսկ միջուկում՝ $KC= 48...50$ Ջ/սմ²: Ստացված հատկություններն ամբողջությամբ բավարարում են ԳՕՏ 7524-89-ի և ԳՕՏ 5950-2000-ի պահանջները:

Չորրորդ գլխում մշակվել է ալգորիթմ, որի համար օգտագործվել են ստացված փորձարարական տվյալները, որոնք հանդիսացել են հիմք՝

տեղեկությունների մշակման համար: Մշակված ալգորիթմի հիման վրա գրվել է ծրագիր, որը հնարավորություն է տվել նախապես ներմուծված պողպատի, տվյալ դեպքում՝ ՄՀԸ մակնիշի պողպատի համար ընտրել հնարավոր ջերմային մշակման ռեժիմներից ամենահարմարը, որը պետք է ապահովի ջերմային մշակման արդյունքում ցանկալի հատկությունների ստացումը:

Մշակված ալգորիթմի հիման վրա գրված ծրագիրն աշխատում է հետևյալ կերպ. ծրագիրն աշխատանքը սկսելու պահին օգտատիրոջից հարցնում է անհրաժեշտ պողպատի մակնիշը, հետո ճշտում է ելքային պարամետրերը, թե ինչպիսի կարծրության և հարվածային մածուցիկության ցուցանիշներ է ցանկանում ստանալ: Ստացված պատասխանների հիման վրա ծրագիրը ստուգում է՝ արդյոք նմանատիպ մակնիշի պողպատ գոյություն ունի տվյալների բազայում, թե ոչ, ինչպես նաև ստուգում է տվյալ պողպատին համարժեք բոլոր հնարավոր կարծրության արժեքները, որոնք հնարավոր է ստանալ, և որոնք կան ներմուծված տվյալների բազայում: Հաշվի առնելով վերը նշվածը և ելնելով պողպատների C-ձև կորերի տվյալներից, որոնք նույնպես առկա են տվյալների բազայում, ընտրում է միման ջերմաստիճանը տվյալ պողպատի համար, ընտրում է նաև միման միջավայրերը, որոնց մեջ միման պարագայում արտադրատեսակի մակերևութային կարծրությունը կստացվի այն, ինչ որ տրվել է որպես վերջնական ցանկալի արժեք: Այդ ամենից հետո զտվում են ընտրված միջավայրերը՝ կախված գնդի միջուկից պահանջվող կարծրությունից: Գնդի միջուկի կարծրությունը նախօրոք ներմուծվում է ալգորիթմի մեջ, որպեսզի պարզաբանվի՝ ինչ կարգի միվածության մասին է խոսքը, և թե ինչ կարգի միված արտադրատեսակ է ակնկալվում ստանալ ջերմային մշակման այս փուլի ավարտից հետո:

Այս ամենից ելնելով և կատարելով հաշվարկներ, կախված ընտրված միջավայրի սառեցման արագություններից, ծրագիրը պահպանում և արտածում է ֆայլ, որտեղ նշում է նախապես ներմուծված արժեքները և հնարավոր ռեժիմը, որոնց միջոցով կարելի է ստանալ ցանկալի ցուցանիշները:

ՄՀԸ մակնիշի 120 մմ տրամագիծ ունեցող պողպատյա ծուլված գնդերի համար որպես մուտքային տվյալներ ներմուծվել են. պողպատի մակնիշը՝ ՄՀԸ, քիմիական բաղադրությունը, միումից հետո պահանջվող մակերևութային կարծրությունը՝ 65 HRC, միումից հետո միջուկի ցանկալի կարծրությունը՝ 45 HRC: Ծրագիրը որպես միման ջերմաստիճանային կետ վերցրել է 840°C: Որպես միման միջավայրեր դիտարկվել են ջուրը, հանքային յուղը և նաիրիտային լատեքսի ջրային լուծույթները: Միջավայրերի սառեցման արագությունները ծրագիրը վերցրել է տվյալների բազայից և որպես արդյունք՝ վերադարձրել է հետևյալ տվյալները՝

1. ամենահարմար միման միջավայր՝ նիրիտային լատեքսի 1,5% ջրային լուծույթ,

2. մակերևութային ցանկալի կարծրություն՝ 65HRC,
3. մակերևութային անհրաժեշտ կարծրություն՝ 64HRC,
4. միջուկի ցանկալի կարծրություն՝ 45HRC,
5. միջուկի անհրաժեշտ կարծրություն՝ 45HRC:

Կատարվել է տեխնիկա-տնտեսագիտական հիմնավորում, համաձայն որի՝ նաիրիտային լատեքսի ջրային լուծույթում միմյան ժամանակ իրակա-նանում է գնդերի աշխատունակության ռեսուրսի մեծացում՝ միջինը 5%-ով, և տնտեսվում է տարեկան ~30% հանքային յուղ:

ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐ ԵՎ ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

1. Հայեանական և արտասահմանյան գրականության վերլուծության արդյունքում հիմնավորվել է, որ բարձր լիամխելիությամբ ոչ ջերմակայուն պողպատների միմյան համար որպես սառեցնող միջավայր նպատակահարմար են նոր պոլիմերային լուծույթների մշակումը և կիրառումը, որոնք հնարավորություն կտան՝ փոքրացնելու արտադրատեսակների սառեցման կրիտիկական արագությունը, մեծացնելու լիամխելիությունը, նվազեցնելու ներքին լարումերը և դեֆորմացիաները:

2. Գնդաղացներում օգտագործվող գնդերի աշխատանքային պայմանների ուսումնասիրման արդյունքում բացահայտվել է, որ բարձր աշխատունակություն ապահովելու համար գնդերի մակերևութային շերտը՝ 0,5R խորությամբ, պետք է ունենա մարտենսիտային կառուցվածք, իսկ միջուկը՝ տրոստիտային: Նշվածն ապահովելու համար առաջարկվել է մշակել միմյան նոր միջավայր, որը միմյան ժամանակ կապահովի աուստենիտային տիրույթում սառեցման մեծ արագություն, իսկ աուստենիտ-մարտենսիտային տիրույթում՝ փոքր արագություն: Այն հնարավորություն կտա, ներքին լարումների փոքրացման շնորհիվ, կանխել ճաքերի առաջացման վտանգը և մեծացնել գնդերի աշխատունակությունը:

3. Կատարվել է ելանյութերի և չափիչ-հսկիչ սարքավորումների ընտրում, բնութագրերի ուսումնասիրում և հիմնավորում: Ընտրվել և հիմնավորվել են պողպատների լիամխելիության, մխելիության և մեխանիկական հատկությունների որոշման մեթոդները:

4. Մշակվել է նաիրիտային լատեքսից միմյան միջավայրի պատրաստման մեթոդիկա, համաձայն որի, կայուն սառեցնող հատկություններ ապահովելու համար, քլորապրենային լատեքսի ջրային լուծույթը պետք է ենթարկվի ծերացման, որը կարող է իրականացվել խոտան գնդերի միմյան միջոցով:

5. Fr-Cr, Fe-Mn, Fe-Si, Fe-Cr-Si, Fe-Cr-Mn և Fe-Mn-Si համաձուլվածքների վիճակի դիագրամների վերծանման արդյունքում ընտրվել և տեսականորեն հիմնավորվել են XTC մակնիշի պողպատյա գնդերի միմյան և արձակման օպտիմալ ջերմաստիճանները:

6. Կատարելագործելով LabView ծրագիրը և այն օգտագործելով XFC մակնիշի պողպատի կինետիկ կորերի ուսումնասիրման նպատակով՝ կառուցվել են յուրում և 1,5%-անոց նաիրիտային լատեքսի ջրային լուծույթում մխվող պողպատի սառեցման կորերը՝ աուստենիտի իզոթերմ տրոհման C-ձև դիագրամի վրա: Արդյունքում՝ երաշխավորվել է նախկինում այս պողպատների միսման համար օգտագործվող հանքային յուղերի փոխարինումը նաիրիտային լատեքսի 1,5%-ոց ջրային լուծույթով:

7. Համալիր փորձագիտական հետազոտությունների արդյունքում հիմնավորվել է XFC մակնիշի 120 մմ տրամագծով պողպատյա գնդերի միսման գործընթացը նաիրիտային լատեքսի ջրային լուծույթում, որի արդյունքում ընտրվել են օպտիմալ ռեժիմներ. միսման ջերմաստիճանը՝ $840 \pm 10^\circ\text{C}$, միսման ջերմաստիճանում պահման տևողությունը յուրաքանչյուր մեկ մմ հաստության համար՝ 1,5...2,0 րոպե, սառեցնող լուծույթում նաիրիտային լատեքսի կոնցենտրացիան՝ 1,5%, սառեցնող միջավայրի ջերմաստիճանը՝ $20 \dots 30^\circ\text{C}$:

8. Համալիր փորձագիտական հետազոտությունների արդյունքում հիմնավորվել է XFC մակնիշի 120 մմ տրամագծով պողպատյա գնդերի արձակման գործընթացը, որի արդյունքում ընտրվել են օպտիմալ ռեժիմներ. արձակման ջերմաստիճանը՝ $200 \dots 250^\circ\text{C}$, պահման տևողությունը՝ 1,5...2,0 ժամ:

9. Ընտրված ռեժիմներով ջերմամշակված XFC մակնիշի 120 մմ տրամագծով պողպատյա գնդերի մակերևութային շերտում, որտեղ մինչև 0,5R խորությամբ կառուցվածքը արձակման մարտենսիտային է, կարծրությունը ստացվում է HRC 63...65 միավոր, իսկ միջուկում, որտեղ կառուցվածքը արձակման տրոստիտային է՝ HRC 44...45 միավոր: Հարվածային մածուցիկությունը մակերևութային շերտում $KC=37 \dots 38$ Ջ/սմ² է, իսկ միջուկում՝ $KC=48 \dots 50$ Ջ/սմ²: Ստացված հատկություններն ամբողջությամբ բավարարում են GOCT 7524-89-ի և GOCT 5950-2000-ի պահանջները:

10. Համալիր հետազոտությունների արդյունքում ստացված փորձարարական վերլուծության տվյալները որպես հիմք ընդունելով՝ մշակվել են ալգորիթմ և համակարգչային ծրագիր, որոնք հնարավորություն են տալիս նաիրիտային լատեքսի 1,5%-ոց ջրային լուծույթն օգտագործել XFC մակնիշի պողպատից պատրաստված 120 մմ տրամագծով գնդերի միսման համար՝ գունավոր մետաղների հանքաքարերը մանրացնող գնդաղացներում օգտագործելու նպատակով: Քանի որ տվյալների վերամշակումը և արհեստական բանակախությունը հանդիսանում են ժամանակակից գիտության շարժիչ ուժը, հետևապես՝ մշակված ալգորիթմը և նրա հիման վրա գրված ծրագիրը հնարավորություն են տալիս մետաղների ջերմային մշակման գործընթացն իրականացնել ծրագրավորման տեխնոլոգիաներով՝ այն բարձրացնելով ավելի բարձր մակարդակի:

11. Կատարվել է արտադրատեսակների անվանացանկի ընտրում, տվյալ դեպքում որպես արտադրատեսակ ընտրվել են 120 մմ տրամագծով XԴՇ մակնիշի պողպատյա գնդերը, ինչպես նաև նաիրիտային լատեքսի ծախսի հաշվարկը և տեխնիկա-տնտեսագիտական հիմնավորումը, համաձայն որոնց՝ նաիրիտային լատեքսի ջրային լուծույթում միմյան ժամանակ իրականանում է գնդերի աշխատունակության ռեսուրսի մեծացում՝ միջինը 5%-ով, տնտեսվում է տարեկան ~30% հանքային յուղ:

Ատենախոսության հիմնական դրույթները հրատարակված են հետևյալ գիտական աշխատանքներում.

1. Պապոյան Ռ.Ս. Գնդաղացներում հանքաքարերի մեխանիկական մանրացման գործընթացի հետազոտումը և առանձնահատկությունները // Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանի Լրաբեր.- Գիտական հոդվածների ժողովածու: Մաս 2.- Երևան: Ճարտարագետ, 2019.- էջ 483-490:

2. Վասիլյան Գ.Ա., Պապոյան Ռ.Ս., Աղբալյան Ա.Ս. Գնդաղացներում մետաղական հանքաքարերը մանրացնող գնդերի նյութերը և դրանց հատկությունները // Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանի Լրաբեր.- Գիտական հոդվածների ժողովածու: Մաս 2.- Երևան: Ճարտարագետ, 2019.- էջ 491-497:

3. Աղբալյան Ա.Գ., Պապոյան Ռ.Ս. XԴՇ մակնիշի պողպատյա գնդերի միմյան գործընթացի հետազոտումը նաիրիտային լատեքսի ջրային լուծույթում // ՀՀ ԳԱԱ և ՀԱՊՀ տեղեկագիր.- ՏԳ սերիա.-Երևան, 2020.- Հատ. LXXIII.- № 2.- էջ. 125-133:

4. Папоян Р.С. Исследование процесса закалки и прокаливаемости стальных шаров марки XԴՇ // Вестник НПУА: Металлургия, материаловедение, недропользование.- Ереван, 2020.- N 2.- С. 31-44.

5. Աղբալյան Ա.Գ., Պապոյան Ռ.Ս., Վասիլյան Գ.Ա. Միմյան ժամանակ պողպատյա արտադրատեսակների կառուցվածքի և հատկությունների կանխագուշակման մեթոդի մշակումը // ՀՀ ԳԱԱ և ՀԱՊՀ տեղեկագիր.- ՏԳ սերիա.-Երևան, 2021.- Հատ. LXXIV.- № 3.- էջ 257-270:

6. Պապոյան Ռ.Ս. XԴՇ մակնիշի պողպատյա գնդերի միմյան գործընթացի այգորիթմի մշակումը, ծրագրավորումը և միմյան միջավայրի ընտրումը // ՀՀ ԳԱԱ և ՀԱՊՀ տեղեկագիր.- ՏԳ սերիա.-Երևան, 2022.- Հատ. LXXV.- № 2.- էջ 149-160:

Папоян Роберт Сетович

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ЗАКАЛКИ ЛИТЕЙНЫХ ШАРОВ ИЗ СТАЛИ
МАРКИ ХГС И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА
СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ**

Р Е З Ю М Е

Диссертационная работа посвящена разработке алгоритма и компьютерной программы для выбора закалочной среды и осуществления процесса закалки шаров из стали марки ХГС диаметром 120 мм, которые обеспечат получение требуемой структуры и механических свойств вдоль радиуса сферы - от поверхности к центру.

Обоснованы разработка и применение новых полимерных растворов в качестве охлаждающей среды для нежаропрочных сталей, что позволит уменьшить критическую скорость охлаждения изделий, увеличить прокаливаемость, уменьшить внутренние напряжения и деформации.

Выявлено, что для обеспечения высокой работоспособности поверхностный слой шаров на глубине $0,5R$ от поверхности должен иметь отпущенную мартенситную структуру, а ядро – структуру отпущенного троостита. С этой целью было предложено разработать новую среду закалки, которая позволит обеспечить большую скорость охлаждения в аустенитном интервале, а в аустенитно-мартенситном интервале – маленькую скорость. В результате за счет уменьшения внутренних напряжений будет предотвращена опасность появления трещин и повысится работоспособность шаров.

Разработана методика подготовки закалочной среды из наиритового латекса, согласно которой для обеспечения стабильных охлаждающих свойств водный раствор хлоропренового латекса должен подвергаться старению, что может быть выполнено с помощью закалки бракованных шаров.

Усовершенствовал программу LabView и используя ее, на С-образной диаграмме изотермического превращения стали марки ХГС были построены кинетические кривые охлаждения данной стали при охлаждении в воде и в 1,5%-ном водном растворе наиритового латекса. Таким образом, была гарантирована замена ранее использованных для закаливания этих сталей минеральных масел 1,5%-ным водным раствором наиритового латекса.

В результате комплексных экспериментальных исследований был обоснован процесс закалки стальных шаров марки ХГС диаметром 120 мм в водном растворе наиритового латекса и выбраны оптимальные режимы: температура закаливания - $840 \pm 10^\circ\text{C}$, продолжительность выдержки при температуре закалки - 1,5...2,0 мин на каждый миллиметр толщины, концентрация наиритового латекса в охлаждающем растворе - 1,5%, температура охлаждающей среды - 20...30 °С.

Обоснован также процесс отпуска стальных шаров марки ХГС диаметром 120 мм, в результате чего были выбраны оптимальные режимы: температура отпуска - 200...250⁰С, продолжительность выдержки – 1,5...2,0 часа. В поверхностном слое 120-миллиметровых стальных шаров марки ХГС, подвергнутых термической обработке при разных режимах, где структура до глубины 0,5R представляет собой отпущенный мартенсит, твердость получается HRC 63...65 единиц, а в ядре, где структура-отпущенный троостит: HRC 44...45 единиц. Ударная вязкость в поверхностном слое КС =37...38 Дж/см², а в ядре: КС = 48...50 Дж / см².

Принимая за основу полученные в результате комплексного экспериментального исследования данные, разработаны алгоритм и компьютерная программа, которые позволяют использовать 1,5%-ный водный раствор наиритового латекса для закалки шаров из стали марки ХГС диаметром 120 мм для их применения в шаровых мельницах с целью измельчения руд цветных металлов. Разработанный алгоритм и компьютерная программа, написанная на его базе, позволяют осуществлять процесс закалки стальных шаров марки ХГС диаметром 120 мм по технологии программирования, которая соответствует требованиям современной техники.

Произведены выбор изделия: в данном случае в качестве изделия были выбраны стальные шары марки ХГС диаметром 120 мм, а также расчет и технико-экономическое обоснование расхода наиритового латекса, согласно которым при погружении в водный раствор наиритового латекса имеет место увеличение рабочего ресурса шаров в среднем на 5%.

По теме диссертации опубликовано 6 научных работ.

Papoyan Robert Set

**DEVELOPING THE TECHNOLOGY FOR QUENCHING THE CAST
XTC GRADE STEEL BALLS AND INVESTIGATING THE
STRUCTURATION PROCESS**

SUMMARY

The dissertation is devoted to the development of the algorithm and software for selecting the quenching medium of the XTC grade steel balls of a diameter of 120mm and the quenching process, which will ensure the obtaining of the required structure and mechanical properties along the radius of the ball from the surface to the center.

For quenching non-heat-resistant steels of complete quenching, the development and application of new polymeric solutions as a cooling medium have been substantiated, which will allow to reduce the critical speed of cooling the products, increase the complete quenching, reduce the internal strains and deformations.

It has been revealed that to ensure high operability, the surface layer of the balls at 0,5R depth from the surface should have tempered martensite structure, while the core – tempered trostite structure. For that purpose, it was proposed to develop a new quenching medium which will ensure high cooling speed in the austenite range, while in austenite-martensite range - low speed. As a result, due to a decrease in ternal strains the danger crack formation will be prevented, and the working capacity of the balls will be increased.

A method has been developed for preparing a quenching medium from nairit latex according to which, to ensure stable cooling properties, the aqueous solution of chloroprene latex should be subjected to ageing, which can be carried out by quenching the spoiled balls.

Improving the LabView program, and by using it on the S shape diagram of the isothermal splitting of the XTC grade steel, kinetic curves of the given steel cooling in water and in 1,5% nairit latex have been plotted. As a result, it was decided to replace the mineral oils with a 1,5% aqueous solution of nairit latex.

As a result of complex experimental studies the quenching process of the XTC grade steel balls of a diameter of 120mm in the aqueous solution of nairit latex has been substantiated, as a result of which optimal regimes have been selected, the quenching temperature $840 \pm 10^{\circ}\text{C}$, the duration of keeping at quenching temperature for each one millimeter of thickness-1,5-2,0 min, the nairit latex concentration in the cooling solution-1,5%, the temperature of the cooling medium-20-30 °C. The tempering process of the XTC grade steel balls of a diameter of 120mm has also been substantiated, as a result of

which, optimal regimes have been selected: the tempering temperature -200-250 °C, the keeping duration- 1,5-2,0 hours.

In the surface layer of the XTC grade steel balls of 120mm diameter heat treated in the chosen modes, where up to the depth of 0,5R the structure is tempered martensite, the hardness is HRC 63..65 units, while in the core, the structure is tempered trostite with HRC 44..45 units. The toughness in the surface layer is $KC = 37..38 J/cm^2$, while in the core it is $KC = 48..50 J/cm^2$.

On the basis of the data of the experimental analysis obtained as a result of complex investigations an algorithm and a computer program have been developed, which allow to use the 1,5% aqueous solution of nairit latex to execute a quenching process for XTC grade steel for the purpose of using them in the grinding ball mills for grinding non-ferrous ores.

The list of the products has been selected. In this case XTC grade steel balls of a diameter of 120mm have been chosen as a products, as well as calculation and technical-economic substantiation of the nairit latex expenditure have been carried out, according to which the operability of the balls increases by 5% on average at quenching in the aqueous solution of nairit latex.

6 scientific works have been published on the dissertation subject.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'P. Beland'.