

**ФАН ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР
ТАРАҚҚИЁТИ**
**РАЗВИТИЕ НАУКИ И
ТЕХНОЛОГИЙ**



4
2025



Тахририят ҳайъати раиси:

СИДДИҚОВА С.Ғ. –

Бухоро давлат техника университети ректори

Муовини:

НИЗАМОВ А.Б. –

БухДТУ илмий ишлар ва инновациялар бўйича проректори

Тахрир ҳайъати:

МУҚИМОВ К.М. – ЎзР ФА академиги (ЎЗМУ)

ЖАЛИЛОВ А.Т. – ЎзР ФА академиги (Тошкент кимё-технология ИТИ)

НЕГМАТОВ С.Н. – ЎзР ФА академиги (“Фан ва тараққиёт” ДУК)

БАҲОДИРОВ Ғ.А. – т.ф.д., профессор, ЎзР ФА бош илмий котиби

ХАМИДОВ О.Х. – иқтисод фанлари доктори, профессор (БухДУ)

ЖАЛИЛОВ Т.Қ. – иқтисод фанлари доктори (DSc) (ТКТИ)

МУХТАРОВ Н.Ш. – техника фанлари доктори (DSc) (“Ўзбекнефтгаз” АЖ)

ТУХСАНОВ Х.А. – иқтисод фанлари доктори (DSc) (“Ўзбекнефтгаз” АЖ)

МАДИЕВ Р.Х. – техника фанлари доктори (DSc) (“Шуртан ГКМ” МЧЖ)

АДИЗОВ Б.З. – техника фанлари доктори (DSc), к.и.х., ЎзРФА УНКИ

ХУРМАМАТОВ А.М. – техника фанлари доктори, профессор, ЎзРФА УНКИ

СОБИРОВА Н.К. – филология фанлари номзоди, доцент, ЎЗМУ

ҒАФУРОВ Д.О. – Бухоро ДТУ ёшлар масалалари ва маънавий- маърифий ишлар бўйича биринчи проректори ф.ф.д (PhD)

ҚУРБОНОВ Ж.М. – техника фанлари доктори, профессор (Самарқанд ИСИ)

САИДОВ С.Б. – Бухоро ДТУ молия ва иқтисод ишлари бўйича проректори

ШАРИПОВ М.З. – физика-математика фанлари доктори (DSc), профессор

АСТАНОВ С.Х. – физика-математика фанлари доктори, профессор

РАХМОНОВ Х.Қ. – техника фанлари доктори, профессор

ВОХИДОВ М.М. – техника фанлари доктори, профессор

ЖЎРАЕВ Х.Ф. – техника фанлари доктори, профессор

САДУЛЛАЕВ Н.Н. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

МАЖИДОВ Қ.Х. – техника фанлари доктори, профессор

ФОЗИЛОВ С.Ф. – техника фанлари доктори, профессор

ИСАБАЕВ И.Б. – техника фанлари доктори, профессор

АБДУРАҲМОНОВ О.Р. – техника фанлари доктори, профессор

НИЗОМОВ А.Б. – иқтисод фанлари доктори, профессор

ЖУМАЕВ М.Р. – физика-математика фанлари доктори (DSc), профессор

ЮНУСОВА Г.С. – фалсафа фанлари доктори (DSc), профессор

ЖЎРАЕВА М.М. – филология фанлари доктори (DSc), профессор

ТЎХТАЕВА З.Ш. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

МАХМУДОВ М.Ж. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

ХАЙИТОВ Р.Р. – техника фанлари доктори (DSc), к.и.х.

БОЗОРОВ Ғ.Р. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

БОЛТАЕВ З.И. – физика-математика фанлари доктори (DSc), профессор

ОЛТИЕВ А.Т. – техника фанлари доктори, (DSc)

ЖАЛИЛОВ Р.Б. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

МАХМУДОВ М.И. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

МАЖИДОВА Н.Қ. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

АХМЕДОВ В.Н. – кимё фанлари номзоди, профессор

МАХМУДОВ Р.А. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

ПУЛАТОВА М.И. – физика-математика фанлари номзоди, профессор

Бош муҳаррир:

ДЎСТОВ Ҳ.Б. – кимё фанлари доктори, профессор

Муҳаррирлар:

БАРАКАЕВА Д.Ф., ОРТИҚОВА С.Ж., ИСТАМОВА Г.Х.

Мусахҳиҳ:

АРТИКОВА М.М.

ФАН ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР

ТАРАҚҚИЁТИ

ИЛМИЙ – ТЕХНИКАВИЙ ЖУРНАЛ

РАЗВИТИЕ НАУКИ И

ТЕХНОЛОГИЙ

НАУЧНО – ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Журнал Ўзбекистон матбуот ва ахборот агентлиги Бухоро вилояти бошқармасида 2014 йил 22-сентябрда № 05-066-сонли гувоҳнома билан рўйхатга олинган

Муассис:

Бухоро давлат техника университети

Журнал Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги ОАК Раёсатининг 2017 йил 29-мартдаги №239/5-сонли қарори билан диссертациялар асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрлар рўйхатига киритилган. 2019 йилда Ўзбекистон Республикаси ОАК Раёсатининг қарорлари билан қайта рўйхатдан ўтказилган.

Тахририят манзили:

200100, Бухоро шаҳри, Қ. Муртазоев кўчаси, 15-уй, Бухоро давлат техника университети

Тел: 0(365) 223-92-40

Факс: 0(365) 223-78-84

Электрон манзил:

E-mail: fantt_jurnal@umail.uz

Журналнинг тўлиқ электрон варианты билан

<https://journal.bmti.uz/>

сайти орқали танишиши мумкин.

Ушбу журналда чоп этилган материаллар тахририятнинг ёзма рухсатисиз тўлиқ ёки қисман чоп этилиши мумкин эмас. Тахририятнинг фикри муаллифлар фикри билан ҳар доим ҳам мос тушмаслиги мумкин. Журналда ёритилган материалларнинг ҳаққонийлиги учун мақолаларнинг муаллифлари ва реклама берувчилар масъулдирлар.

МУНДАРИЖА - СОДЕРЖАНИЕ – CONTENT

ТЕХНИКА, ТЕХНОЛОГИЯ ВА ЖИҲОЗЛАР	
Беккулов Ж.Ш., Тураев О.А. Математическое и имитационное моделирование усовершенствованной системы виртуального анализа и контроля качества готовой продукции в технологическом процессе сушки хлорида калия.....	4
Imomov Sh.J., Komilov O.S., Shodiyev E.B., Majitov J.A., Ziyoyev D.A. Biogaz qurilmasining issiqlik-texnik va geometrik parametrlarini asoslash.....	10
Ахмедов Ю., Мурадов Ш.М., Хабибов Ф.Ю. Основные свойства функции текучести оболочек предельного равновесия.....	16
Bafoyeu D.X. Yeyilishga chidamli qattiq qoplamalarni qo'llash asosida sirpanishdagi ishqalanish sirtlarini ishlov berish texnologiyasi.....	22
Бердиев Д.М., Константинов В.М., Юсупов А.А., Сайдумаров Б.М. Влияние структуры доэвтектидных конструкционных сталей при различных режимах термоциклической обработки.....	30
Уринов Ж.Р., Абдуллаев Р.С. Динамическая прочность неавтоклавногo газозолобетона.....	35
Худойбердиев А. Биогаз қурилмаси параметрларини оптималлаштиришда асосий кўрсаткичлар тахлили.....	39
Ахмедов Ю., Мурадов Ш. Конструктивные особенности плит перекрытий в зданиях, возводимых методам подъёма.....	47
КИМЁ ВА КИМЁВИЙ ТЕХНОЛОГИЯЛАР	
Baxshilloev N.K., Umirov F.E., Maxmudov R.A. Natriy xlorid, kaliy xlorid, magniy sulfatlarga boy bo'lgan tuzlar tarkibini tadqiq qilish.....	52
Bokiyeva Sh.K. O'simlik chiqindilari asosida olingan uglerodli adsorbentlar.....	56
Maxmudov M.J., Svaykosov S.O., Saloydinov A.A. Benzol saqlagan benzin fraksiyalarini gidroizomerizatsiyalash jarayonlari texnologiyalari va ularda qo'llaniluvchi katalizatorlarni tadqiq qilish.....	60
Sadullayev N.N., Murtazoyev F.F. Sanoatda tabiiy gazni qazib olish va uni qayta ishlashda energiya samaradorlikni oshirishning imkoniyatlari.....	67
Ziyadullayev O.E., Saliyeva M.K. SnCl ₂ ·2H ₂ O/Et ₃ N/Et ₂ O katalitik sistemasi ishtirokida atsetilen spirtlari sintezi.....	70
Umarov A.A., Ochilov A.A. Gazlarni haydovchi kompressor agregatlaridan foydalanishning tahliliy tamoyillari.....	79
Xolmuxammadiyev A.M., Toshev Sh.O. Burg'ilash eritmalari uchun mahalliy xomashyolar asosida ishlab chiqiladigan kimyoviy reagentlarning fizik-kimyoviy xossalarini tadqiq qilish.....	85
Nuriddinova G.A., Niyazov L.N. Anilin va gidrooksibenzoy kislotalar asosida birikmalar sintezi istiqbollari.....	90
Usmanova M.M. Noorganik matritsalar asosida ionitlarning olinish usullari va ularning xossalari.....	93
Oripov A.A. Silvinit rudasidan kaliy xlorid ishlab chiqarish jarayonida ajralib chiqadigan shlam chiqindisidan foydalanishning ilmiy asoslari.....	98
G'aybullayeva A.F., Mavlonov Sh.B., Mavlonov B.A., Saidov A.A. Rezina asosli elastomerlar bilan modifikatsiyalangan polimer-bitum kompozitsiyalarining fizik-mexanik xossalari va morfologik tahlili.....	102
Хакимов К.Ж., Ражабов Ш.Х. Сырья характеристика и основных технологических материалов хандизинского месторождения.....	110
Мухсинов С.С., Тожиев О.О., Зоирова А.И. Влияние выбора гидродинамической модели на прогноз добычи из трещиновато-порowych пластов.....	120

Ibragimov Sh.R., Sharipov N.Z. Suyuq shishadan natriy silikat pentagidrat ishlab chiqarish qurilmasini muhandislik hisobi	125
Мухсинов С.С. Применение искусственного интеллекта в прогнозировании показателей разработки газового месторождения.....	130
МАШИНАСОЗЛИК ВА ЭНЕРГЕТИКА	
Maxmudov M. I., Timirov X.N. Kompressor stansiyalarini turli xil zamonaviy boshqarish usuli orqali energiya samaradorligini baholash.....	137
Хамроев X.X., Isamov P.N., Savriyev Y.S. Metall keshish dastgohlarini oʻrnatish bilan bogʻliq yuzaga keladigan deformatsiyalar va ularni bartaraf etish usullari.....	142
Хошимов Ф.А., Кадиров К.Ш., Қарақулов Ш.Ю., Юсупалиева Х.У. Энергия самарадорлигини оширишда технологик жихозлар иш режимларининг ўрни.....	146
Садуллаев Н.Н., Нематов Ш.Н. Ўзбекистонда “яшил” энергиядан фойдаланиш самарадорлигини аниқлашдаги муаммолар ва унинг ечимлари.....	153
Tovboyev A.N., Togʻayev I.B. Konveyer tizimlarida elektr energiyasi samaradorligini oshirishning kompleks yondashuvlarini tahlil qilish.....	158
Usmonov Sh.Y., Sobirov M.N. Energiya samaradorligini oshirish maqsadida texnologik parametrlarni optimallashtirish: yogʻ-moy ishlab chiqarishda tizimli yondashuv.....	163
ИНФОРМАТИКА ВА АХБОРОТ – КОММУНИКАЦИОН ТИЗИМЛАР	
Savriyev Y.S., Azizov B.A., Xamroyev X.X. Improvement and mathematical modeling of the pressing process of oilseed fuza of cotton black oil.....	172
Hasanova D.B. Sogʻliqni saqlash sohasini raqamlashtirish istiqbollari.....	181
Murodova M.H. Muhandislik va kompyuter grafikasini oʻqitish xususiyatlari.....	186
Хабибов. Ф.Ю, Ахмедов Ю, Рамазонов А.Ч, Юсупов Ф.Ф. Автоматическая аппроксимация модели поверхности окончательной дистиллизации мисцелы растительного масла.....	189
ОЗИҚ-ОВҚАТ САНОАТИ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ	
Ganiyeva M.Oʻ., Djurayeva N.R. Amarant donining ozuqaviy va terapevtik potentsiali.....	193
Haydarov Sh.X., Tairov B.B. “Oʻynoqi muskat” shampun vinosining yarim tayyor mahsulotini tayyorlash	133
Barakayev N.R., Kamolova M.X. Mahalliy oʻsimliklar tarkibidagi uglevodlarni innovatsion usullar bilan ajratish laboratoriya qurilmasi.....	203
Dehqonova N.A., Majidov K.X. Oʻsimlik moylarini ishqoriy rafinatsiyalashda elektromagnit faollashtirish taʼsirining xususiyatlarini oʻrganish.....	206
Рахмонов К.С. Применение пряно-ароматического сырья для повышения потребительской ценности ржаных сортов хлеба.....	209
Олтиев А.Т., Бозорова Д.Н. Совершенствование технологии переэтерификации жиров с использованием биокатализаторов нового поколения.....	216
ТЎҚИМАЧИЛИК ВА ЕНГИЛ САНОАТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ	
Vafayeva Z.S., Bozorova F.M. Tikuv mashinasiga tavsiya etilgan tarkibli moki gʻaltagida ip oʻramlar sonini uning burchak tezligiga taʼsirini tadqiq qilish.....	219
Хужаева М.Э., Гафурова Н.Т., Выбор и обоснование ткани для создания комплекта специальной одежды для прядильщиков.....	222
Rajabov A.I., Nodirova M.N. Yarim dagʻal qoʻy jun tolasini maxsus qurulma asosida shatish usullari.....	227

Пардаев Б.Ч., Абидова А.Р., Росулов Р.Х., Каримова Г.Т. Пахтани майда ифлосликлардан тозалашда такомиллаштирилган козиқли барабанларда пахта массасининг оқимини назарий тахлили.....	234
Қўшимов А.А., Муродов Р.М., Шодмонкулов А.М., Сайиткулов С.О., Салимов Ш.Х. Пневмотранспортлар ва уларда пахтани стационар узатиш конструкциясини тахлили.....	239
Ражабов А.И., Нодирова М.Н. Махаллий жун толасидан ишлаб чиқариладиган ип ҳажмини кўпайтириш ва сифатини ошириш.....	244
Хамроева М.Ф., Muxamedjanova S.F., Tuychiyev T.O., Xudayarova F.O. Turli kombinatsiyada joylashgan takomillashtirilgan qoziqchali plankali barabanlarning tahlili	247
Bozorova F.M., Vafoyeva Z.S. Tavsiya etilgan tepki uzelineing to'liq faktorli rejalash usuli bo'yicha rezina amortizatorli tishli reyka-tepki tizimini o'rganish.....	253
Мухамеджанова С.Ф., Хамроева М.Ф., Туйчиев Т.О., Худаярова Ф.О. Колосникли панжара ва аррачали барабан оралиқ масофасининг тозалаш жараёнига таъсири.....	258
Saparov M.K., Ro'zmetov R.I., Tuychiyev T.O., Axmedov M.X. Kolosnik qirrasini bilan baraban arra tishlari uchlarini orasidagi masofani tozalash jarayoniga ta'siri.....	263
Hamroyeva M.F, Muxamedjanova S.F, Tuychiev T.O., Sayfullayev S.S., Xudayarova F.O. Turli kombinatsiyada joylashgan takomillashtirilgan qoziqchali plankali barabanlarning tahlili.	268
Ortiqova K.I., Umarov A.A. xorijiy va mahalliy linter mashinalarining taqqosiy tahlili.....	275
Мусаев С.С., Аслонов А.М. Исследование устойчивости полимерных подошв специальной обуви для работников агропромышленных кластеров к воздействию масел, различных растворителей и старению.....	278
Saparov M.K., Ro'zmetov R.I., Tuychiyev T.O. Kolosnikli panjara o'lchamlarining tozalash jarayoniga ta'siri.....	286
Sayidova M.H. Quyosh batareyalarini maxsus kiyimda qo'llashning nazariy asoslari.....	291
Barakayeva D.F., Gafurova N.T. Energetiklar uchun maxsus ish kiyim yaratishda zamonaviy estetik va xavfsizlik talablarni shakllantirish	295
Худайбердиев М.Р., Очилов Т.А., Хамроева С.А., Нурбоев Р.Х. Тола таркиби турлича бўлган костюмбоп матоларнинг механик хоссаларини тадқиқоти ва тахлили.....	300
АНИҚ ВА ИЖТИМОЙ-ИҚТИСОДИЙ ФАНЛАР	
Казакова Д.Г. Проблемы перевода терминов и их решения	305
Авлякулова Ш.Б. Аппроксимация орнаментов резьбы по дереву кубическими сплайнами.....	308
Hikmatov N.I. Zamonaviy qurilishda energiya tejankor va samarador texnologiyalardan foydalanish.....	314
Xaitov B.U., Avlyakulova Sh.B. CAM tizimlarida geometrik modelashtirish asoslari.....	318
Рабиев Ғ.Б. Юртимизнинг шаҳар-қишлоқларида автотураргоҳлар ташкил этишнинг долзарб масалалари.....	323
Sadirov S.S. Buxoro viloyatida investitsiyaviy muhitni tahlil qilish: mavjud holat va istiqbollar..	326
Sharipov A.A. Kasbiy ta'lim tashkilotlarida o'quvchilarni amaliyotga yo'naltirishning pedagogik shart-sharoitlari.....	330

УДК 621.78

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ ДОЭВТЕКТОИДНЫХ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

¹Бердиев Д.М., ²Константинов В.М., ³Юсупов А.А., ¹Сайдумаров Б.М.

¹Ташкентский государственный технический университет им. Ислама Каримова,

²Белорусский национальный технический университет, ³Алмалыкский филиал Ташкентский государственный технический университет им. Ислама Каримова.

Аннотация. В статье рассматриваются особенности структурообразования при термоциклической обработке доэвтектоидных конструкционных сталей 20, 40Х и 65Г. Изучен процесс термоциклической обработки при нагреве без фазовой перекристаллизации и с полной фазовой перекристаллизацией.

Ключевые слова: конструкционные стали, термоциклическая обработка, плотность дислокаций, структура, индукционный нагрев, твердость.

KONSTRUKSION PO‘LATLARGA TERMOSIKLIK ISHLOV BERISHDA TURLI XILDAGI REJIMLARNING STRUKTURAGA TA’SIRI

¹Berdiyev D.M., ²Konstantinov V.M., ³Yusupov A.A., ¹Saydumarov B.M.

¹Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti, ²Beloruss milliy texnika universiteti, ³Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti Olmaliq filiali

Annotatsiya. Maqolada 20, 40X va 65G konstruksion po‘latlarga termosiklik ishlov berishda struktura shakllanishi xususiyatlari ko‘rib chiqilgan. Qizdirilganda fazagacha qayta kristallanish va fazali to‘liq qayta kristallanishdagi termosiklik ishlov berish jarayoni o‘rganilgan.

Tayanch iboralar: konstruksion po‘latlar, termosiklik ishlov berish, dislokatsiya zichligi, struktura, induksion qizdirish, qattiqlik.

INFLUENCE OF THE STRUCTURE OF HYPOEUTECTOID STRUCTURAL STEELS UNDER DIFFERENT THERMAL CYCLING CONDITIONS

¹Berdiev D.M., ²Konstantinov V.M., ³Yusupov A.A., ¹Saydumarov B.M.

¹Islam Karimov Tashkent state technical university, ²Belarusian national technical university, ³Almalyk branch of Islam Karimov Tashkent state technical university.

Abstract. The article discusses the features of structure formation during thermal cycling of hypoeutectoid structural steels 20, 40X and 65Г. The process of thermal cycling treatment during heating without phase recrystallization and with complete phase recrystallization has been studied.

Key words: structural steels, thermal cycling treatment, dislocation density, structure, induction heating, hardness.

Введение. Низколегированные и углеродистые стали длительное время были, и в обозримом будущем останутся основными конструкционными материалами для машиностроения, особенно, сельскохозяйственного. Однако, традиционные возможности повышения их эксплуатационных характеристик близки к предельным. Поэтому, наряду с изменением их химического состава (микролегирование, повышение металлургического качества и др.) большое внимание в последнее время уделяется разработке путей совершенствования структурно-фазового состояния стальных изделий методами нестационарного, термоциклического воздействия. Термоциклическая обработка (ТЦО) известна с середины 20 века [1-3]. Повышенный интерес к ней сейчас обусловлен широкими перспективами управления структурообразованием сталей и сплавов для повышения эксплуатационных свойств изделий [4-8]. Эффективность ТЦО с точки зрения достижимости свойств определяется режимом ТЦО, количеством циклов, скоростью нагрева и охлаждения, а также химическим составом стали. Анализ результатов выполненных работ показывает, что в основе отрабатываемых режимов ТЦО лежат закономерности фазовых превращений при нагреве и охлаждении стали, как в условиях полиморфного превращения, так и без него [4]. Работы в этой области свидетельствуют о достаточно широком использовании ТЦО в целях оптимизации структуры и свойств различных сплавов [5-8].

Являясь технологически более сложным процессом, по сравнению с традиционными операциями термической обработки, (ТЦО) может быть рекомендована к применению только в тех ситуациях, когда это обусловлено необходимостью достижения качественно нового уровня свойств особенно, если ТЦО удастся совместить с другими операциями технологического цикла обработки изделий [4]. Ярким примером подобных изделий являются быстроизнашиваемые детали почвообрабатывающих агрегатов. Специфика этих деталей требует применения недорогих конструкционных сталей. Интенсификация почвообработки, характерная для мирового сельского хозяйства, предъявляет повышенные требования к долговечности этих деталей. Очевидно, что повышение долговечности этих деталей и агрегатов в целом было актуальным в XX веке, остается актуальным в XXI веке [9]. Основными факторами повышения долговечности обсуждаемых деталей является повышение прочностных характеристик и абразивной износостойкости.

В статье представлены результаты выполненных исследований по упрочнению ряда конструкционных сталей для почвообрабатывающих агрегатов с применением термоциклического индукционного нагрева.

Результаты и обсуждение. Индукционная термоциклическая обработка без фазовой перекристаллизации. Были выполнены исследования циклического нагрева стали 65Г (установка индукционного нагрева ВЧГ2-100/066) с последующим ускоренным охлаждением на воздухе. Охлаждение на воздухе с принудительной циркуляцией позволяет повысить скорость охлаждения выше традиционной нормализации. В этом случае появляется возможность получения более дисперсной тросто-сорбитной структуры. Такая обработка близка по своей сути к одинарной термической обработке по Н.А. Минкевичу.

Температура нагрева при термическом цикле была выбрана заведомо ниже точки A_1 (450, 570 и 700 °C). Это позволило оценить влияние термических напряжений и формируемого ими фазового наклепа без полной фазовой перекристаллизации (табл.1).

Установлено, что структурные изменения при низкотемпературном ТЦО состоят в сфероидизации карбидной фазы. С повышением температуры ТЦО ожидаемо степень глобулярности цементита увеличивается за счет повышения диффузионной подвижности углерода.

Твердость и уровень напряжений 2-ого рода нелинейно зависит от параметров низкотемпературной ТЦО. Повышение температуры ТЦО от 450 до 700 °C (1 цикл) снижает твердость за счет более интенсивной сфероидизации карбидной фазы. Аналогичная зависимость наблюдается для первых трех (четырех) циклов ТЦО. На пятом цикле для всех температур ТЦО фиксируется повышение твердости. Причем с повышением температуры твердость после пятого цикла растет значительно. Анализ кинетики изменения уширения рентгеновской линии позволяет понять причины указанного явления. Термические остаточные напряжения, характеризующиеся уширением рентгеновской линии, нелинейно зависят от числа циклов ТЦО. Уменьшение остаточных напряжений после 2-ого, 3-его цикла обусловлено релаксационными процессами. С повышением температуры эта тенденция проявляется более ярко. Так для 2-ого цикла ТЦО при 700 °C среднее уширение рентгеновской линии составило только 8,72, для аналогичного процесса при 400 °C уже 9,45. К пятому циклу при всех температурах ТЦО возрастают остаточные напряжения и обусловленное ими уширение рентгеновской линии. С повышением температуры напряжения ожидаемо возрастают из-за увеличения градиента температур. По этой же причине возрастает и твердость. Существенным является известный факт микропластической деформации при ТЦО из-за интенсивных теплосмен и различия термического расширения элементов гетерофазной структуры. Таким образом, происходит развитие дислокационной структуры, а повышенная температура ведет к полигонизации. Полигонизационная структура, хотя и не имеет высокий уровень дефектности кристаллического строения, обладает высокой термической стабильностью. При повтором

нагреве, выше точки фазового превращения, полигонизованные структуры обеспечивают создание структур с высокой плотностью дислокаций [10, 11]. Результаты испытаний на абразивное изнашивание в условиях незакрепленного абразивного материала согласуются с данными микро- и субмикроисследований образцов.

Таблица 1.

**Изменение свойства стали 65Г после индукционного термоциклирования
с последующим охлаждением на воздухе**

№	Изменение свойств	Количество циклов				
		1 цикл	2 цикл	3 цикл	4 цикл	5 цикл
Нагрев до 450 °С						
1.	Твердость, НВ	269	255	241	241	255
2.	Среднее значение ширины рентгеновской линии $\beta_{cp} 10^{-3}$ рад	9,87	9,45	9,69	9,27	9,88
Нагрев до 550 °С						
1.	Твердость, НВ	241	229	241	207	207
2.	Среднее значение ширины рентгеновской линии $\beta_{cp} 10^{-3}$ рад	9,1	9,59	8,71	8,3	8,3
Нагрев до 700 °С						
1.	Твердость, НВ	229	217	207	255	285
2.	Среднее значение ширины рентгеновской линии $\beta_{cp} 10^{-3}$ рад	9,88	8,72	9,3	12,5	12,8

Индукционная термоциклическая обработка с фазовой перекристаллизацией.

Был выполнен комплекс исследований по индукционной ТЦО ряда конструкционных сталей (сталь 20, 40Х) [12, 13]. Авторский опыт свидетельствует, что для быстропротекающих процессов термической обработки следует учитывать разницу структурных превращений на поверхности и в сердцевине изделий. Для индукционной ТЦО при малых размерах образцов (10×10×55 мм) были обнаружены существенные различия в кинетике структурообразования в сердцевине и на поверхности.

Был подтвержден факт полигонизации и рекристаллизации структуры стали в результате ТЦО. Для определения влияния фазового наклепа на структурообразование поверхности и сердцевины стали (20, 40Х) во время циклических фазовых превращений были выбраны образцы с крупнозернистой структурой (5 балл), полученной предварительным отжигом при 1000 °С в защитной атмосфере в течение 2 часов. Схема ТЦО была выбрана с полным прямым и обратным аустенитным превращением (нагрев выше A_3), а интенсивность теплосмен составила 1, 2, 4, 6 циклов со скоростью нагрева и охлаждения в циклах 30...40 °С/с и 3...5 °С/с соответственно. Было установлено, что индукционная ТЦО (4 и более) измельчает структуру до 9 (сталь 20) и 13 (сталь 40Х) балла. Однако, в структуре из-за объемных полиморфных превращений происходит накопление напряжений 2-ого рода, которые вызывают микропластическую деформацию зерен, повышающую плотность дефектов кристаллического строения. Пластическая деформация зерен сопровождается рекристаллизацией, которая протекает с разной интенсивностью и проходит до определенной стадии.

На поверхности (сталь 20) образца (4 и более циклов) рекристаллизация наклепанных зерен доходит до собирательной стадии, что сопровождается увеличением диаметра отдельных зерен (с 10 мкм до 125 мкм) и снижением твердости с НВ 178 до НВ 157 (рис.1). Такая картина характерна для слабдеформированного сплава, когда рост зерен происходит за счет слияния в одно крупное, путем «растворения» границ. Процесс слияние зерен не требует значительных диффузионных процессов.

Существенно, что слияние может, происходить одновременно по всем поверхностям межзеренного раздела. На межзеренных границах происходит концентрация дислокаций. Их аннигиляция, по сути, и есть «растворение» границ зерен. Для незавершенного процесса слияния характерна разнотернистость с небольшим количеством крупных зерен и большим количеством мелких. Интенсивный рост зерен в слабо деформированной структуре наблюдается при быстром индукционном нагреве, если процесс нагрева медленный, то процесс полигонизации успевает пройти и рост зерна, по механизму слияния, не происходит. В сердцевине (сталь 20, 40X) формируется устойчивая полигональная структура и происходит «рекристаллизация на месте», сопровождаемая ростом субзерн. Это подтверждается рентгеноструктурным анализом образцов, в которых наблюдается увеличение кристаллитов с 150 нм (отжиг) до 300 нм (6 циклов), (табл. 2). Последующий изотермический отжиг показал, что полигональные структуры довольно устойчивы и сохраняются длительное время, препятствуя протеканию обычной рекристаллизации. Было выявлено, что снижение твердости и изменения структуры стали начинаются только после 4 часов рекристаллизационного отжига. Структура сталей 20 и 40X из мелкозернистой превращается в структуру, характеризующую вторичную стадию рекристаллизации. В сердцевине сталей происходит избирательный рост зерен, диаметр которых доходил до 1500 мкм и твердостью HV 120, а сохранившиеся в структуре мелкие зерна (диаметр 15 мкм) имели твердость HV 150...160. Такая структура и твердость характеризует полностью заверченный процесс рекристаллизации зерен с предварительной степенью деформации 3...8 %, близкой критической (рис 2.). На контрольной группе отожженных образцов сталей (20, 40X) подвергнутых повторному отжигу не обнаружено изменений в механических свойствах и микроструктуре. Твердость зерен феррита (сталь 20) сохранялась в течение 4 часов в интервале HV 120...125, а размер зерен не превысил 5 балла.

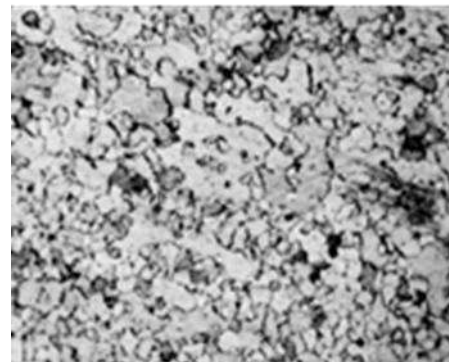
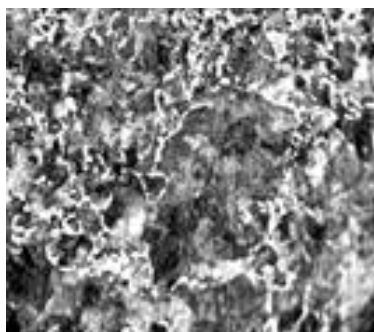


Рис. 1. Микроструктура ($\times 100$) поверхности образца после 6-ти циклов ТЦО (сталь 20);

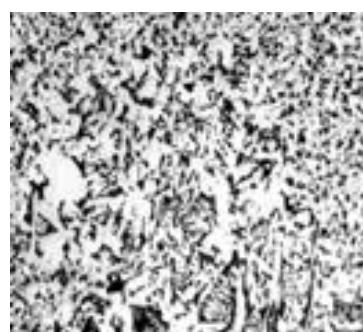
Таблица 2.

Влияние режима ТЦО на размер кристаллитов стали 20

Вид обработки	Размер кристаллитов по рентгеноструктурному анализу, нм					
	110	200	211	220	310	222
НKL	110	200	211	220	310	222
Полный отжиг	144	144	200	170	113	125
ТЦО, 4 цикла	261	212	240	200	171	220
ТЦО, 6 циклов	260	225	340	350	253	282



а – сталь 40X; $\times 100$



б – сталь 20; $\times 100$

Рис. 2. Микроструктура сердцевины после 4-рех термоциклов и отжига

Литературный анализ и собственные исследования позволили уточнить механизм микропластической деформации и структурной рекристаллизации среднеуглеродистых низколегированных сталей при ТЦО. Отсутствие выдержки при верхней температуре цикла, ведет к тому, что рекристаллизация не успевает пройти полностью. К моменту достижения нижней температурной границы цикла, в объеме стали происходит накопление дефектов кристаллического строения и возрастает доля наклепанных нерекристаллизованных зерен. Дополнительно к этому объему добавляются зерна, в которых при обратном превращении аустенита в феррито-перлитную структуру создаются напряжения, релаксация которых происходит в результате микропластической деформации скольжением, возникающая из-за малой подвижности границ. Последующая ТЦО увеличивает количество нерекристаллизованных зерен, способствует накоплению фазовых напряжений и, как следствие, повышению степени деформации зерен. В результате на поверхности и в сердцевине протекает рекристаллизация различной интенсивности. На поверхности она доходит до собирательной стадии, а в сердцевине наблюдается только полигонизация и рост субзерен.

Выводы. Индукционное ТЦО конструкционной стали без фазовой перекристаллизации в интервале температур 400 - 700 °С формирует остаточные термические напряжения, обуславливающие повышение плотности дислокаций, развитие начальных стадий рекристаллизации. Это обеспечивает формирование полигональной, термически устойчивой субструктуры и повышение твердости стали.

Индукционное ТЦО конструкционных сталей с полной фазовой перекристаллизацией в интервале температур 600 - 940 °С приводит развитию рекристаллизационных процессов различной интенсивности на поверхности в сердцевине стального образца. Фазовый наклеп не устраняется полностью при нагреве и степень деформации зерен возрастает с каждым циклом охлаждения. В результате после 4-х и более циклов ТЦО в поверхностном слое протекает собирательная рекристаллизация, которая формирует зерна диаметром 60 мкм, на фоне мелких зерен диаметром 16 мкм. В сердцевине (сталь 20) сохраняется мелкодисперсная структура (диаметр 8...12 мкм) и протекают процессы полигонизации и «рекристаллизация на месте», о чем свидетельствует укрупнение кристаллитов с 150 нм (отжиг) до 300 нм (6 циклов).

Список использованной литературы:

1. Федюкин, В.К. Термоциклическая обработка металлов и деталей машин / В.К. Федюкин, М.Е. Смагоринский. – Л.: Знание, 1999. – 241 с.
2. Физические основы электротермической обработки металлов и сплавов / Кидин И.Н., - М.: «Металлургия», 1989. – 376 с.
3. Тихонов, А.С. Термоциклическая обработка сталей, сплавов и композиционных материалов / А.С. Тихонов, В.В. Белов. – М.: Наука, 1994. – 168 с.
4. Биронт В.С. Теория терм. обработки металлов. СФУ: ИЦМиЗ. – Красноярск, 2007. – 234 с.
5. Гурьев, А.М. Термоциклическое и химико-термоциклическое упрочнение сталей / А.М. Гурьев, Л.Г. Ворошнин // Ползуновский вестник. Часть 2, 2015. – №2. – С. 36–44.
6. Гурьев, А.М. Циклическое тепловое воздействие при ТО и ХТО инструментальных сталей / А.М. Гурьев, Л.Г. Ворошнин // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. – Барнаул: АГТУ, 2015. – № 3. – С. 37–46.
7. Евдокимов А.И. Циклическая закалка стали ХВГ / А.И. Евдокимов, М.Г. Зелин, В.А. Коротков // МиТОМ, 2012. №9. – С. 33–34.
8. Effect of cyclic heat treatment on microstructures and mechanical properties of directionally solidified Ti-46Al-6Nb alloy / Hong-ze FANG [and ot.] // Trans. Nonferrous Met. Soc. China 25 (2015) pp.1872 – 1880.
9. Константинов, В.М. Комплексное повышение долговечности корпуса почвообрабатывающего плуга // Упрочняющие технологии и покрытия – 2014, №12. – С.3-7.

10. Бердиев Д.М., Юсупов А.А. Повышение износостойкости зубьев зубчатых колес циклической закалкой с индукционным нагреванием // Вестник машиностроения, №3. 2020.С. 50 – 53.
11. Berdiev D. M., Yusupov A. A. Improving the Wear Resistance of Gear Teeth by Cyclic Quenching with Inductive Heating // Russian Engineering Research. 2020. V. 40. N. 6. P. 473–475.
12. Ткаченко, Г.А. Электро-химико-термическая обработка крепежных элементов почвообрабатывающих машин / Г.А. Ткаченко, В.М. Константинов // Металлургия: Республ. Межведом. сб. науч. тр. / БНТУ. – Минск, 2018. – Вып. 31. – С. 358-371.
13. Константинов В.М., Ткаченко Г.А. Упрочнение быстроизнашиваемых деталей почвообрабатывающих плугов нитроцементацией с локальным циклическим индукционным нагревом // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2011. – №2. – С. 44 – 50.

Бердиев Дороб Муротович – доктор технических наук; профессор, заведующий кафедрой Ташкентский государственный технический университет им. И. Каримова, (Моб): (+99894) 627-16-69. E-mail: berdiev_mif@mail.ru

Константинов Валерий Михайлович – доктор технических наук; профессор, заведующий кафедрой Белорусский национальный технический университета, (Моб): +375296388827. E-mail: materialovedenie@tut.by

Юсупов Абдулазиз Абдуллажонович - начальник учебно-методического части Алмалыкский филиал Ташкентский государственный технический университет им. И.Каримова. (Моб): (+99894) 115 84 88.

Сайдумаров Ботир Муродович - доцент кафедры Ташкентский государственный технический университет им. И.Каримова, (+99893)-634-36-45.

ДИНАМИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ НЕАВТОКЛАВНОГО ГАЗОЗОЛОБЕТОНА

Уринов Ж.Р., Абдуллаев Р.С.

Бухарский государственный технический университет.

Аннотация. Приведены результаты и анализ экспериментальных данных по испытаниям образцов-призм из неавтоклавного газозолобетона при малоцикловых динамических нагрузках (центральное сжатие). Приведены результаты сравнительной оценки свойства неавтоклавного газозолобетона с различными видами бетонов. Рекомендуется зависимость записывающие малоциклового динамической прочности неавтоклавного газозолобетона, а также расчетные коэффициенты по конструированию из таких бетонов.

Ключевые слова: призма, нагрузка, частота, бетон, газозолобетон, малоцикловые, величина, цикл, коэффициент, конструкция, метод, серия, испытания, сейсмостойкость.

AVTOKLAVLANMAGAN GAZKULBETONNING DINAMIK MUSTAHKAMLIGI

Urinov J.R., Abdullayev R.S.

Buxoro davlat texnika universiteti.

Annotatsiya. Avtoklavlanmagan gazkulbetondan tayyorlangan prizma namunalarini past siklli dinamik yuklarda (markaziy siqilish) sinash natijalari va eksperimental ma'lumotlar tahlili keltirilgan. Har xil turdagi betonlar bilan avtoklavlanmagan gazkulbetonning xususiyatlarini qiyosiy baholash natijalari keltirilgan. Avtoklavlanmagan gazkulbetonning past siklli dinamik mustahkamligiga bog'liqligini qayd etish, shuningdek, bunday betondan qurilish uchun koeffitsiyentlarni loyihalash tavsiya etiladi.

Kalit so'zlar: prizma, yuk, chastota, beton, gazkulbeton, past sikl, qiymat, sikl, koeffitsiyent, loyiha, usul, seriya, sinovlar, seysmik qarshilik.