

УДК: 622.022.02

ТЕРМОЦИКЛИК ИШЛОВ БЕРИШ УСУЛИ АСОСИДА 65Г ПЎЛАТЛАРНИНГ МУСТАҲКАМЛИГИ ВА ЕЙИЛИШГА ЧИДАМЛИЛИГИНИ ОШИРИШ

Каримов Наим Қосимович,
бошлиқ ўринбосари, Марказий лойиҳалаш бюроси

Навой кон-металлургия комбинати
Эгамбердиев Илҳом Пўлатович,
докторант

Ўзбекистон Фанлар Академияси Навой бўлими

Ашуров Хисрав Хуршид ўғли,
«Машинасозлик технологияси» кафедраси ассистенти

Навой давлат кончилик институти

Аннотация. Илмий мақолада термоциклик ишловдан сўнг пўлатларнинг мустаҳкамлиги ва ейилишига чидамлилигини ошириш хусусиятларини аниқлайдиган экспериментал тадқиқот натижалари келтирилган. Термоциклик ишлов бериш жараёни структурани бошқариш усули бўлиб, қисқа вақт ичида бир неча марта тезланма ҳамда тез қизитиш ва совитишдан иборат. Термоциклик ишлов бериш термик ишлов бериш усулига ўхшаш бўлиб, бунда металллар тузилишидаги ижобий ўзгаришларнинг циклдан циклга доимий тўпланишига асосланган. Бу жараён асоси цикллarning интенсивлиги, ушлаб туриш вақти ҳамда оптимал ҳарорат ўзгариш диапазонида. Ушбу мақолада олиб борилган тадқиқотлар асосида, маълум бир ҳароратда қиздириш орқали, белгиланган термик ишлов бериш цикллари сони, қиздириш тезлигини пўлатларнинг физик-механик хусусиятларига ва диффузия жараёни интенсивлашишига таъсири кузатилди. Қиздириш жараёнида фаза ва таркибий ўзгаришларнинг интенсивлиги туфайли, машина қисмлари мустаҳкамлигини оширишга таъсир қилиш қонунлари аниқланди ҳамда термоциклик ишлов бериш муддатини қисқартиришга эришилди. Бу эса машина қисмларининг ишончлилигини яхшилашга имкон беради. Назарий ва экспериментал тадқиқотларга асосланиб, майда донали структуралар пўлатларнинг ейилишига чидамлилигини оширишга ёрдам бериши аниқланди. Пўлатларга термоциклик ишлов бериш қўлланганда, ҳосил бўлган янги тузилишдаги майда донали ҳамда механик хусусиятлари яхшилانган ва юқори чидамликка эга пўлат тавсифлари олинди, мустаҳкамлиги 1,5 мартага, ейилишига чидамлилиги эса 1,9 баравар ошди.

Таянч тушунчалар: ишонччилик, чидамчилик, ейилишига чидамчилик, ҳарорат, қаттиқлашув, аустенит, мартенсит, қаттиқлик, тузилиш, ёпишқоқлик, иситиш, дислокация, ҳарорат, зичлик.

УЛУЧШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ И ИЗНОСОСТОЙКОСТИ СТАЛЕЙ МАРКИ 65Г МЕТОДАМИ ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Каримов Наим Қосимович,
заместитель начальника Центрального конструкторского бюро

Навоийский горный металлургический комбинат

Эгамбердиев Илҳом Пўлатович,
докторант

Навоийское отделение Академии наук Республики Узбекистан

Ашуров Хисрав Хуршид угли,
ассистент кафедры «Технология машиностроения»

Навоийский государственный горный институт

Аннотация. В научной статье приведены результаты экспериментальных исследований, в которых установлены особенности повышения прочности и износостойкости сталей после термоциклической обработки. На основе проведенных исследований определена закономерность влияния температурно-временных параметров термоциклической обработки на физико-механические свойства инструментальной стали и технологии упрочнения деталей машин за счет интенсификации процессов диффузии, фазовых и структурных превращений, позволяющих сократить длительность термической обработки, улучшить весь комплекс механических свойств, а значит, – надежность деталей машин. Также теоретические и экспериментальные исследования позволили установить, что получение сверхмелкого зерна способствует повышению износостойкости сталей. В результате использования термоциклирования получены более высокие характеристики механических свойств стали, вязкость разрушения возросла в 1,5 раза, а износостойкость – в 1,9 раза. Это объясняется характером получаемой структуры и степенью измельчения зерна.

Ключевые слова: надежность, долговечность, износ, напряжение, температура, упрочнение, аустенит, мартенсит, твердость, структура, вязкость, нагрев, дислокация, отпуск, плотность.

IMPROVEMENT OF STRENGTH AND WEAR RESISTANCE OF 65G STEELS BY METHODS OF THERMOCYCLING

Karimov Naim Kosimovich,
Deputy Head of the Central Design Bureau

Navoi Mining Metallurgical Combinat

Egamberdiev Ilkhom Pulatovich,
PhD Student

Navoi Branch of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan

Ashurov Khisrav Khurshid ogli,
Assistant, Department of Mechanical Engineering

Navoi State Mining Institute

Abstract. The article presents the results of experimental studies that establish the features of increasing the strength and wear resistance of steels after thermocycling. Thermocyclic treatment as a method of heat treatment is based on continuous accumulation from cycle to cycle of positive changes in the structure of metals. An important feature of the cycle is its intensity, the absence or the presence of short exposures, the optimal range of temperature changes. The paper establishes the laws of the influence of the temperature-time parameters of thermocyclic processing on the physicomachanical properties of tool steel and the technology of hardening machine parts due to the intensification of diffusion processes, phase and structural transformations, which reduce the duration of heat treatment and improve the whole complex of mechanical properties, that is the reliability of machine parts. Based on theoretical and experimental studies, it has been established that the production of ultrafine grains contributes to an increase in the wear resistance of steels. When using thermal cycling, higher characteristics of mechanical properties were obtained, fracture toughness increased by 1.5 times, and wear resistance increased by 1.9 times. This is due to the nature of the resulting structure and the degree of grain refinement.

Keywords: reliability, durability, wear-tear, tension, temperature, hardening, austenite, martensite, hardness, structure, viscosity, heating, dislocation, tempering, density.

Введение

На сегодняшний день актуальными задачами в машиностроительном производстве являются значительное повышение технического уровня и улучшение качества изготавливаемых деталей, обеспечение более полного удовлетворения потребностей в них машиностроения, металлообработки и других отраслей народного хозяйства.

Основным недостатком сталей, применяемых для изготовления рабочих частей механизмов, является их низкая твердость и малая износостойкость. Одним из перспективных видов упрочнения сталей является термоциклическая обработка (ТЦО). В отличие от других видов термообработки, структурные и фазовые превращения при ТЦО совершаются многократно при изменяющемся температурном режиме «нагрев – охлаждение». В результате такого воздействия в структуре материала накапливаются изменения, улучшающие качество изделий и придающие им свойства, недостижимые при традиционной термической обработке [1, 2, 3].

Испытания шестерен, упрочненных ТЦО, делятся 20 лет. За это время было сделано немало попыток, в том числе и нами, разобраться в причинах необычной износостойкости сталей 65Г и 55С2, упрочненных этим способом. Следовало установить причину, по которой одна и та же сталь марки 65 Г одинаковой твердости (58...60 НРСэ) при условии ТЦО приобретает пластичность, высокую прирабатываемость и износостойкость, а при одноразовом нагреве токами высокой частоты (ТВЧ) она имеет износостойкость в 2 раза ниже; почему нитроцементованная сталь 30ХГТ при одинаковой твердости со сталью 65 Г, упрочненной ТЦО, имеет износостойкость в 2 раза ниже. Попытки решить задачу с помощью оптического микроскопа оказались неудачными, т. к. микроструктуры стали 65 Г, упрочненные ТЦО, практически ничем не отличаются от стали 65 Г той же твердости, но закаленные одноразовым нагревом ТВЧ. Причины, видимо, лежат глубже, на уровне, недоступном для оптического микроскопа.

Определяющая характеристика явления, связанного с воздействием импульсного электрического поля на макро- и микроуровнях

вблизи отверстий, неметаллических включений, примесных атомов, дислокаций и других дефектов кристаллической решетки металлов, заключается в неравномерном распределении тока при обтекании перечисленных выше препятствий [1, 4, 5]. Вследствие этого, ток определенной величины, концентрируясь на краях дефектов кристаллической решетки металла, вызывает местный нагрев его, у «устьев» дефектов, до температуры фазовых превращений, а также деформации ударного характера под влиянием электродинамических усилий. При этих условиях вокруг зоны разогрева возникает несколько зон, в том числе мелкоигольчатая мартенситоподобная структура с твердостью 1200...1400 кг/мм². И если мартенсит обычной закалки содержит до 0,4 % углерода, то при воздействии импульса тока содержание С в мартенсите возрастает до 0,7 %. При этом никакого выравнивания концентрации углерода в аустените не происходит. Следует отметить, что, согласно данным, твердость мартенсита линейно возрастает при увеличении содержания углерода в нем до 0,6 %.

Методика испытаний

Образцы стали марки 65Г диаметром 20 мм и высотой 7 мм нагревали в петлевом индукторе на установке ЛЗ-107 с таким расчетом, чтобы обеспечить достаточно равномерный нагрев образцов.

Время нагрева составляло: до 450 °С – 5,5 сек.; 550 °С – 7,0 сек.; до 700 °С – 11 сек.; 800 °С – 14 сек.; 870 °С – 17,5 сек.

Термическая обработка образцов заключалась в нагреве до указанных температур с последующим охлаждением на воздухе. Количество циклов «нагрев – охлаждение» было различно. Часть образцов после такой обработки подвергали индукционному нагреву до температуры 900 °С с последующей закалкой в масле и отпуском при 180 °С.

Микроструктуру образцов исследовали на микроскопе МИМ-8 при увеличении ×1000, а субмикроструктуру рентгенографические на установке ДРОН-2,0.

Испытания на износостойкость проводили на машине СМЦ-2 при трении качения с проскальзыванием при давлении 75 кгс в течение 40000 оборотов нижнего ролика. Образцы сталей на изнашивание представляли

собой ролики диаметром 30 мм и высотой 10 мм, которые термически обрабатывались по оптимальным режимам.

Образцы для исследования травили в течение 30 мин в 20 %-ном водном растворе азотной кислоты. Плотность дислокаций определялась по уширению линий интерференции рентгенограмм в зависимости от угла отражения θ , т. к., согласно данным, при высокой плотности дислокаций они неразрушимы электронно-микроскопически. Согласно данным, расчет плотности дислокаций по ширине рентгеновской линии дает результаты, близкие с электронно-микроскопическими при плотности дислокаций $\rho = 109 \text{ см}^{-2}$. Следовательно, при высокой плотности дислокаций она определяется шириной линии, которая пропорциональна $\text{tg } \theta$.

Плотность дислокаций определяли по физической ширине рентгеновской линии:

$$\rho = \frac{\beta^2}{2b^2} \cdot \text{ctg}^2 \theta,$$

где β – физическая ширина рентгеновской линии; b – вектор Бюргера; θ – брэгговский угол отражения.

В работе показано, что плотность дислокаций, рассчитанная по уширению рентгеновских линий, удовлетворительно коррелируется с данными прямых методов наблюдения дислокаций.

Съемку рентгенограмм проводили в режиме автозаписи с применением дифрактометра ДРОН-2, использовали излучение железного анода. Физическая ширина рентгеновской линии находилась методом аппроксимации с ис-

пользованием поправочных графиков, а также в соответствии с методическими указаниями при отыскании аппроксимирующей функции. Период решетки находили по квадратной зависимости по положению центра тяжести распределения интенсивности рентгеновских линий (220):

$$a = \lambda / (2 \sin \theta) \cdot H^2 + K^2 + L^2.$$

Исследование проводили по следующим условиям: трубка с железным анодом, $U=25$ кВ, анодный ток $I=6$ мА, скорость движения счетчика $1^\circ/\text{мин}$, скорость движения диаграммой ленты 1800 мм/ч , постоянная времени равна 5 , предел измерения равен 224 , B – ширина линии, $B=S/I_{\text{max}}$.

Если предположить, что кривая интенсивности приблизительно описывает треугольник, то можно взять $S = 1/2 a \cdot h$ и тогда $a = 2S/h$. Ширина линии наполовину высоты может быть принята за ширину рентгеновской линии. Однако арифметическое вычитание из одной ширины другую большей частью неправильно, поэтому используют различные вспомогательные графики. Это зависит от того, какой формулой описываются данные кривые. Они чаще всего бывают:

$$I = I_0 \cdot e^{-\alpha x^2}; I = I_0 \cdot \frac{1}{(1 + \gamma x^2)}; I = I_0 \cdot \frac{1}{(1 + \gamma x^2)^2}.$$

Наша задача найти физическую ширину, т. е. ту ширину, которая полностью связана с дефектностью кристаллического строения. Таким образом, необходимо из общей ширины

Таблица 1

Показатели шестерен $Z=12$, проходивших 500-часовые стендовые испытания

№	Марка стали	Метод упрочнения	Глубина упрочненного слоя, мм	Твердость	
				упрочненного слоя, HRCэ	сердцевины зуба, HRCэ
1	65Г	ТЦО (термоциклическая закалка)	Зубья прокалены насквозь	58...60, пластичен	58...60, пластична
2	65Г	ТВЧ (без циклирования)	Зубья прокалены насквозь	58...61, хрупкий	58...61, хрупкая
3	30ХГТ	Нитроцементация, закалка	0,6	58...61, хрупкий	33...45, пластична

вычесьть так называемую инструментальную ширину, связанную с условиями геометрии съемки, а также необходимо вычесьть дублетную часть, связанную с излучением к 2 кроме основного $k_{\alpha 1}$.

Исследование на износостойкость

В связи с заменой материала серийных шестерен Z=12 стали 40X на сталь 30XГТ были проведены 500-часовые стендовые испытания шестерен, изготовленных из сталей 30XГТ нитроцементованных; 65Г упрочненных ТЦО, 65Г упрочненных обычной индукционной закалкой при скорости нагрева, используемой при ТЦО.

В таблице 1 приведены материалы, из которых изготовлялись шестерни, подвергавшиеся стендовым испытаниям.

Шестерни, изготовленные в соответствии с данными таблиц 1 и 2, испытывались на стационарно установленном стенде.

Из таблицы 2 следует, что твердости испытанных шестерен при общем высоком уровне твердости мало отличаются друг от друга.

По стендовым испытаниям шестерни Z=12 были подвергнуты микрометражу, проводившемуся с применением тангенциального зубомера марки 10Б. Износ определялся методом сравнения профиля и толщины зубьев шестерен до и после испытаний. Предварительная установка зубомера проводилась по контуру неработающей части зуба шестерни.

В таблице 3 приведены износы шестерен Z=12 после 500-часовых стендовых испытаний.

Таблица 2

Режимы термической обработки шестерен Z=12

№	Марки стали	Режим упрочнения
1	65Г	ТЦО Нагрев ТВЧ до 400 ... 500 °С, за время 3 сек. не более, с промежуточным охлаждением на воздухе (или в масле) до 20 ... 200 °С. Повторить 5 раз. Нагрев ТВЧ до 900 ... 980 °С, за время 7 сек. не более, охлаждение в масле. Отпуск при 180 °С, выдержка 1 час HRCэ 58 ... 60.
2	65Г	ТВЧ Нагрев ТВЧ до 950+20 °С, за время 6 ... 8 сек., охлаждение в масле. Отпуск при 180 ... 200 °С, выдержка 1 час HRCэ 58 ... 61.
3	30XГТ	Нитроцементация при температуре 860 °С, выдержка 8 часов, подсушивание на воздухе до 820 °С, охлаждение в селитровой ванне при температуре 220 ... 240 °С, выдержка 20 мин, замочка в воде, отпуск в печи при температуре 220 ... 240 °С, выдержка 1 час, твердость HRCэ 58 ... 62.

Таблица 3

Износ шестерен Z=12 по результатам 500-часовых стендовых испытаний

№ варианта в соответствии с табл. 1 и 2.	Материал и термическая обработка согласно табл. 1 и 2	Твердость HRCэ	Средне- арифметическое значение износа, мм	Износ в % относительно базового варианта	Превышение величины износа относительно базового варианта
1	Сталь 65Г, ТЦО	58 ... 60	0,31	100	-
2	Сталь 65Г, ТВЧ	58 ... 61	0,59	190,3	90,3
3	Сталь 30XГТ нитроцементация	58 ... 61	0,60	193,6	93,6

Как известно, ТЦО состоит из предварительной термической обработки (ПТО) и окончательной термической обработки (ОТО). При ПТО в описываемом эксперименте нагрев шестерен $Z=12$ до $400 \dots 500$ °С производился 3 раза с промежуточным охлаждением на воздухе до $20 \dots 200$ °С. Длительность каждого нагрева 1 сек. Частота тока равна 450 кГц. Таким образом, при проведении ПТО на металл шестерни воздействовало 1,35 млн импульсов тока, образовавших в толще

металла множество мельчайших зон с твердостью $1200 \dots 1400$ кг/мм². К этому количеству импульсов добавляются еще около 0,5 млн импульсов, происходящих за первые 1-3 сек. при нагреве для ОТО, а всего 1,85 млн импульсов. При этом достигается насыщение металла закаливаемой детали супердисперсными микроразонами. Образующийся при ОТО мартенсит наследует тонкое строение аустенита. Следствием комплекса сложных процессов, происходящих при ТЦО, является образование

Таблица 4
Изменения уровня дефектности кристаллического строения (плотность дислокаций) стали 65 Г после циклической обработки, последующего индукционного нагрева, закали в масло и отпуска при 180 °С

№	Вид обработки	Физическая ширина рентгеновских линий $\beta = 10^{-3}$ рад	Среднее значение $\beta = 10^{-3}$ рад	Твердость HRC	Плотность дислокации ρ , 1/см ²
1	1 цикл, 450 °С+закалка+отпуск 180 °С	68,4; 64,75	66,42	59,5	$3,613 \cdot 10^{11}$
2	2 цикл, ""	74,2; 66,6	70,4	59	$4,06 \cdot 10^{11}$
3	3 цикл, ""	64,5; 71,68; 70,36	68,91	60	$3,89 \cdot 10^{11}$
4	4 цикл, ""	64,98	64,98	59	$3,458 \cdot 10^{11}$
5	5 цикл, ""	73,9; 69,0; 69,5	70,8	59,5	$4,106 \cdot 10^{11}$
6	6 цикл, ""	64,5; 63,9; 66,6	65,0	59	$3,461 \cdot 10^{11}$
7	1 цикл, 550 °С+закалка+отпуск 180 °С	73,4; 63,9; 62,17	66,49	58,5	$3,621 \cdot 10^{11}$
8	2 цикл, ""	68,2; 65,54	66,8	59	$3,655 \cdot 10^{11}$
9	3 цикл, ""	67,57; 65,73; 64,98	66,09	59,5	$3,578 \cdot 10^{11}$
10	4 цикл, ""	69,48	69,48	59	$3,954 \cdot 10^{11}$
11	1 цикл, 700 °С+закалка+отпуск 180 °С	71,69; 69,0	70	59,5	$4,014 \cdot 10^{11}$
12	3 цикл, ""	63,66; 64,0	63,87	60	$3,341 \cdot 10^{11}$
13	5 цикл, ""	63,0	63,0	59	$3,251 \cdot 10^{11}$
14	1 цикл, 800 °С+закалка+отпуск 180 °С	60,5	60,5	59	$2,998 \cdot 10^{11}$
15	2 цикл, ""	63,9	63,9	59	$3,344 \cdot 10^{11}$
16	3 цикл, ""	60,76; 62,99	61,87	59,5	$3,135 \cdot 10^{11}$
17	Закалка исходного прутка+отпуск 180 °С	64,98	64,98	59,5	$3,458 \cdot 10^{11}$

мартенсита, насыщенного дефектами кристаллической структуры. В соответствии с современными взглядами на физическую сторону процессов термической обработки металла, такая структура соединяет в себе и твердость, и пластичность, и высокое сопротивление абразивному износу.

Следует добавить, что отмечаемое повышение износостойкости шестерен, нагретых под закалку токами высокой частоты, в сравнении с шестернями печного нагрева имеет то же происхождение.

Все экспериментальные шестерни изготавливались из проката, минуя стадию поковки заготовок. Это показывает, что благоприятное

воздействие ТЦО на структуру металла снимает отрицательное влияние горячего проката. Металл, частично закалившийся при прокате, подлежит смягчающей термообработке, что не отражается на результатах ТЦО.

Результаты экспериментальных исследований

Изменения уровня дефектности кристаллического строения (плотность дислокации) стали 65Г после циклической обработки, последующего индукционного нагрева, закалки в масло и отпуска при 180 °С приведены в таблице 4, на рисунках 1 и 2.

Результаты экспериментальных исследований циклической закалки тяжело нагружен-

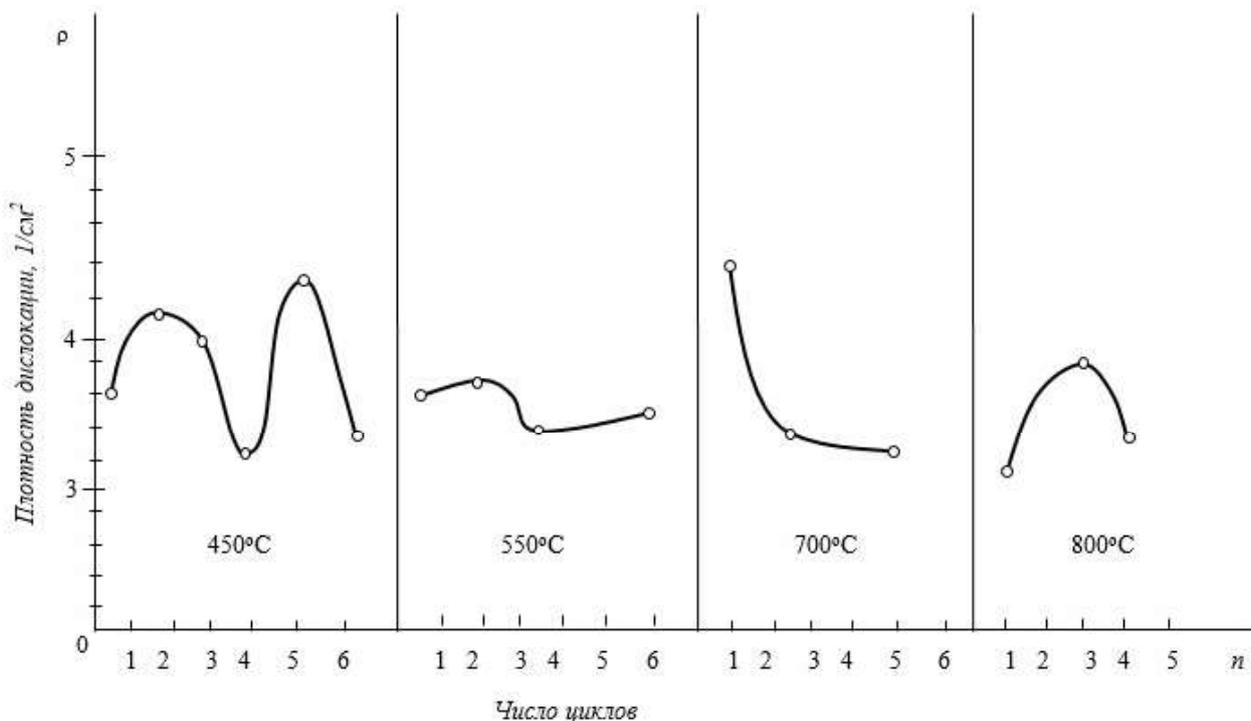


Рис. 1. Изменения уровня дефектности кристаллического строения (плотность дислокации) стали 65Г после циклической обработки, последующего индукционного нагрева, закалки в масло и отпуска при 180 °С

Таблица 5

Технические требования и режимы термической обработки шестерни

Сталь	Существующая технология термической обработки	Технические требования		
		Толщина слой, мм	Твердость HRC (структура)	
			Поверхности зуба	Сердцевины зуба
40X	Нитроцементация++ изотермическая закалка	0,4–0,6	52... 60 (мартенсит среднеигольчатый с избыточными карбо- нитридными вклю- чениями)	45... 48 (крупно- игольчатый мар- тенсит с участками троостита)

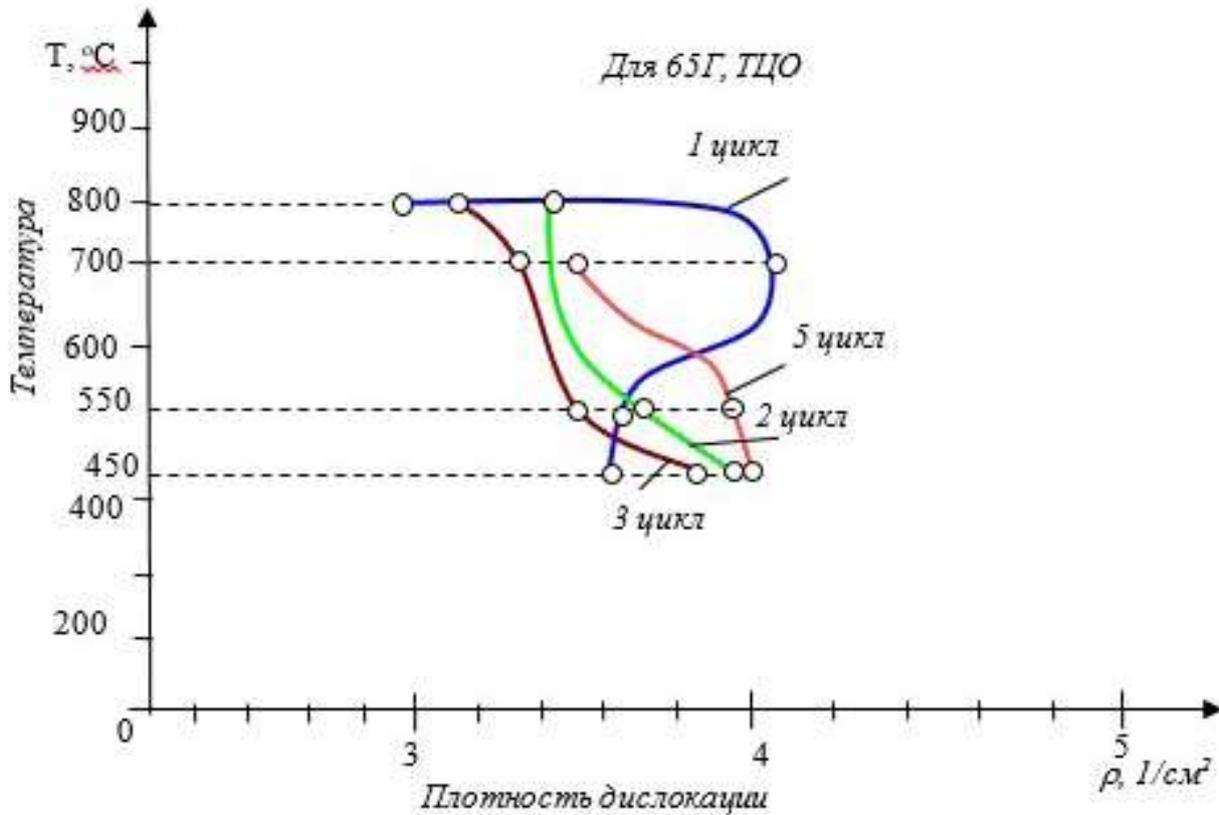


Рис. 2. Зависимость температуры и плотности дислокации в ТЦО

ных высоконапряженных шестерен из стали 65Г (ГОСТ 14959–79) даны взамен детали 40Х (ГОСТ 4543–71). Технические требования и режимы термической обработки шестерен ($t=3, Z=12$) приведены в таблице 5.

Режим термической обработки и результаты исследований термически обработанных шестерни приведены в таблице 6.

Результаты сравнительных испытаний шестерен из сталей марок 40Х и 65Г показали, что шестерни из стали 65Г обладают более высокими износостойкостью (в 1,4-1,9 раза) и эксплуатационной подвижностью с очевид-

ным в процессе испытаний изменением характера разрушения зубьев в сторону чистого изнашивания на основании результатов сравнительного родства самих шестерен из стали 65Г и промышленного высокопроизводительного оборудования для их термоциклической обработки.

Выводы

В результате выполненных исследований получены следующие основные результаты и выводы:

1. Установлено, что в сталях с различной исходной структурой формирование опти-

Таблица 6

Режим термической обработки и результаты исследований термически обработанных шестерен*

Сталь	Технология термической обработки	HRC _э		
		поверхности зуба	сердцевины зуба	ножки зуба и впадины
65Г	Индивидуальная циклическая закалка+отпуск	58...60	58...59,5	58...59

*Примечание: структура поверхности, сердцевины, ножки зуба и впадины отпущенного мелкозернистого мартенсита балла 3.

мального комплекса физико-механических свойств, сочетающих высокую твердость и прочность с достаточной пластичностью и ударной вязкостью, происходит при циклировании в интервале, где максимальная температура в цикле равна температуре закалки, а минимальная – температуре минимальной устойчивости переохлажденного аустенита данной стали.

2. Результаты сравнительных испытаний шестерен из стали марки 65Г обладают износостойкостью, которая повышается в 1,4-1,9 раза, твердостью по поверхности зуба HRC 58...60, по сердцевине зуба HRC 58...59, по ножке зуба и впадины HRC 58...59.

3. Микроструктура поверхности, сердцевины, ножки зуба и впадины – отпущенный мелкоигольчатый мартенсит.

Источники и литература

1. Федюкин В.К., Смагоринский М.Е. Термоциклическая обработка металлов и деталей машины. – Л.: Машиностроение, 1989. – 255 с.
2. Кайбышев О.А., Утяшев Ф. З. Сверхпластичность, измельчение структуры и обработка труднодеформируемых сплавов. – М.: Наука, 2002. – 438 с.
3. Anisovich G., Topfenets R.L., Marukovich E.I. . Improvement of the structure of the press molds coating of thermocyclic processing // Lit'yo I Metallurgiya. – Issue 3. – 2005. – Pp. 119-121.
4. Blohin V. Increasing of fatigue properties of foundry aluminium alloys, produced with application of secondary raw materials by method of thermocyclic processing // Lit'yo I Metallurgiya.– Issue 4. – 2009. – Pp. 72-75.
5. Nevar N.F., Topfenets R.L., Chirun D. Influence of thermocycuc processing on the structure and mechanical characteristics of cast boron-containing alloy // Lit'yo I Metallurgiya. – Issue 2. – 2008. – Pp. 56-59.

Рецензент: Тошболтаев М.Т., техника фанлари доктори, профессор, Қишлоқ хўжалигини механизациялаш илмий-тадқиқот институти директорининг илмий ишлар ва инновациялар бўйича ўринбосари