

С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университетінің Ғылым жаршысы (пәнаралық) = Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С.Сейфуллина (междисциплинарный). - 2020. - №2 (105). - С.265-273

ГРАДИЕНТНО-СЛОИСТАЯ СТРУКТУРА, СФОРМИРОВАННАЯ НА ПОВЕРХНОСТИ КОЛЕСНОЙ СТАЛИ ПРИ ПЛАЗМЕННОЙ ЗАКАЛКЕ

*Т.Е. Сарсембаева, докторант
А.Т. Канаев, д.т.н., профессор
А.А. Гуляренко, PhD, ст.преп
А.Б. Аязбаева, магистр, ст.преп*

*Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина,
проспект Женис, 62, г. Нур-Султан, 010011, Казахстан, tolkyn_adil@mail.ru*

Аннотация

Рассмотрены механизм и кинетика структурообразования по сечению упроченной зоны при поверхностной плазменной закалке колесной стали. Показано, что в зависимости от скорости охлаждения и температурных условий распада аустенита происходит перлитное и мартенситное превращение с образованием градиентно-слоистой структуры, приводящей к модернизации структуры поверхностного слоя стали при неизменном химическом составе, структуры и свойств центральных слоев обрабатываемого изделия.

Отмечено, что формирование в поверхностном слое плазменно-упроченной колесной стали градиентно-слоистой структуры позволяет исключить образование резкой границы от структур мартенсита к троосто-мартенситным и смешанным перлитным структурам. Это повышает контактно-усталостную прочность колесной стали и тем самым ее трещиностойкость.

Ключевые слова: колесная сталь, плазменная закалка, превращение, градиентно-слоистая структура, аустенит, мартенсит, износостойкость, микротвердость, механические свойства стали, глубина упрочнения.

Введение

Процессы изнашивания, высококонцентрированными возникновение и рост трещин при источниках энергии, как лазерное статических, динамических и излучение, обработка ионными и знакопеременных нагрузках начинаются электронными пучками и др. пока еще с поверхности, следовательно, не находит широкого применения в определяются физико-механическими промышленном производстве, свойствами относительно тонкого поскольку требуют сложного и поверхностного слоя, выполняющего дорогостоящего оборудования, особой важную роль в обеспечении надежности условий эксплуатации и высокой и долговечности машин и механизмов. квалификации обслуживающего Такие способы обработки персонала [1, 2].

Особенностью процессов изнашивания и разрушения наряду с традиционными способами поверхностного слоя является то, что упрочняющей термической обработки при изнашивании происходит возникла и бурно развивается новое непрерывное наложение циклов направление нетрадиционных методов пластического деформирования и обработки поверхности металлических разрушения. Такой динамический материалов, основанных на обработке характер процессов приводит к деталей и изделий плазменной струей. В динамическим структурным процессе такой обработки изменениям в поверхностном слое. формирование структуры и свойств Цикличностью изменений тонкого материала происходит в его тонком строения и структуры можно объяснить поверхностном слое толщиной до 1-3 высокую концентрацию внутренних мм при неизменном химическом напряжений в поверхностном слое составе, структуры и свойств металла. В результате тонкое строение и центральной (осевой) зоны. Поэтому структура поверхностного слоя могут плазменная обработка является одной из оказаться в процессе изнашивания привлекательных и перспективных совершенно иными, чем исходная методов кардинального изменения структура и строение металла в объеме. структуры материала, как следствие, Эти особенности изнашивания и свойств поверхности обрабатываемых разрушения поверхностного слоя деталей и изделий [3, 4].

Материалы и методика проведения исследований

Плазменной обработке подвергали химический состав которой цельнокатаные колеса, изготовленные (ГОСТ10791-2011) приведен в табл.1 из углеродистой стали марки 2,

Таблица 1- Химический состав колесных сталей (%)

№	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Cu
1	0,650	0,810	0,340	0,015	0,018	0,19	0,21	0,15

Механические свойства ободьев колес, подвергнутых упрочняющей термической обработке, согласно сертификации соответствия, представлены в табл. 2.

Таблица 2 -Механические свойства колесной стали

№	σ_s , Н/мм ²	δ , %	Ψ , %	KCU, Дж/см ²	НВ на глубине 30 мм	НВ гребня
1	1105	10,5	22,0	0,34	275	290

При проведении исследований плазменной обработке (закалке) колеса подвергали при следующем режиме:

Ток электрической дуги, А	275
Напряжение электрической дуги, В	120
Номинальная мощность дуги, кВт	35
Диаметр сопла, мм	3,5

Расстояние от среза до закаливаемой поверхности, мм	10- 15
Расход защитного газа, л/мин	3-6
Частота вращения колесной пары, об/мин (5,0-7,0 оборотов за минуту)	0,14-0,25

Изучали микроструктуру образцов, слоя. Электронно-микроскопические глубины упрочненного слоя, показатели исследования выполнены на механических свойств и распределение просвечивающем электронном микротвердости на приборе ПМТ-3. микроскопе Jeo JEM 2100. Прочностные

Микроскопические исследования и характеристики определяли на проводили на оптическом микроскопе испытательной установке «Инстрон», "Neophot" при увеличении $\times 200$ на предварительно подготовив образцы по микрошлифах, вырезанных в ГОСТ 1497-94. Места вырезки образцов поперечном направлении из сегмента с из ободьев колес для испытаний условием сохранения упрочненного согласно пункта 3.4 ГОСТ 10791-2011.

Основные результаты исследований НИР и их обсуждение

Процессы структурообразования превращения в неравновесных при воздействии плазменной обработки, состояниях [5]. подчиняются общим закономерностям Рассмотрим кинетику и структурообразования, описываемым закономерности формирования диаграммой фазового равновесия градиентно-слоистой структуры на железо-углерод (Fe-C). Глубина основе типичной термокинетической упрочненных зон при плазменной диаграммы доэвтектоидной закалке зависит от параметров нагрева и углеродистой стали (0,59-0,63 % C) охлаждения, определяется механизмом являющейся аналогом колесной стали. и кинетикой фазового ($\gamma \rightarrow \alpha$)

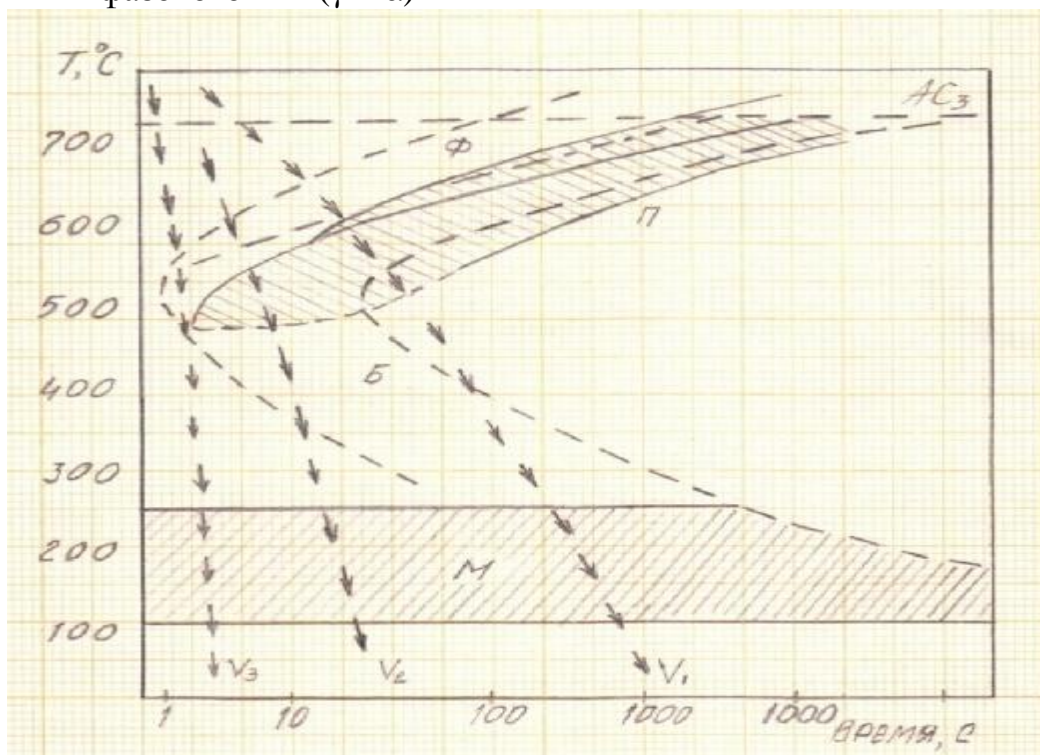


Рисунок 1- Схема диаграммы распада переохлажденного аустенита доэвтектоидных (0,60-0,65 % C) конструкционных сталей [6].

Штриховые линии соответствуют изотермическому превращению аустенита, сплошные линии - превращению аустенита при непрерывном охлаждении (термокинетическая диаграмма)

Видно, что термокинетическая диаграмма при температурах выше мартенситной точки M_n ($\sim 260^{\circ}\text{C}$) характеризуется только одним кинетическим максимумом, что означает отсутствие промежуточного механизма распада аустенита (незаштрихованная часть диаграммы). При температурах выше этого максимума распад аустенита ($\gamma \rightarrow \alpha$) протекает диффузионным путем и сопровождается образованием феррито-карбидной смеси различной степени дисперсности, формируя, т.н. перлитные структуры (перлит, сорбит, троостит). При температурах же ниже этого максимума превращение ($\gamma \rightarrow \alpha$) происходит по бездиффузионному (мартенситному) механизму с образованием мартенсита [7,8].

Из рисунка 1 следует, что при охлаждении аустенита со скоростью V_3 (критическая скорость закалки) и выше образуется пластинчатый мартенсит, при меньшей скорости охлаждения V_2 переохлажденный аустенит превращается в троосто-мартенсит, т.е. частично по перлитному (диффузионному),

частично по бездиффузионному механизму. При еще меньших скоростях охлаждения V_1 превращение развивается по диффузионному механизму с образованием троостита и сорбита.

В то же время термокинетическая диаграмма наглядно показывает, промежуточный механизм превращения аустенита с образованием бейнитных структур, по-видимому, не может быть реализован, поскольку превращение в данном случае развивается либо по перлитному механизму (скорости охлаждения V_1 и ниже), либо по смешанному перлитно-мартенситному (скорости охлаждения между V_1 и V_2), либо по мартенситному механизму (скорости охлаждения V_3 и выше).

Заметим, что в основе как перлитного, так и мартенситного превращений лежит полиморфный переход ($\gamma \rightarrow \alpha$) г.ц.к. решетки аустенита в о.ц.к. решетку равновесного или пересыщенного феррита.

Сопоставление кинетики превращения аустенита в изотермических условиях и в процессе непрерывного охлаждения показывает, что соответствующие линии на термокинетических диаграммах расположены правее и ниже аналогичных линии изотермической диаграммы. Это свидетельствует о том, что устойчивость переохлажденного

аустенита при непрерывном охлаждении несколько больше и превращение протекает при более низких температурах, чем в случае изотермического распада переохлажденного аустенита.

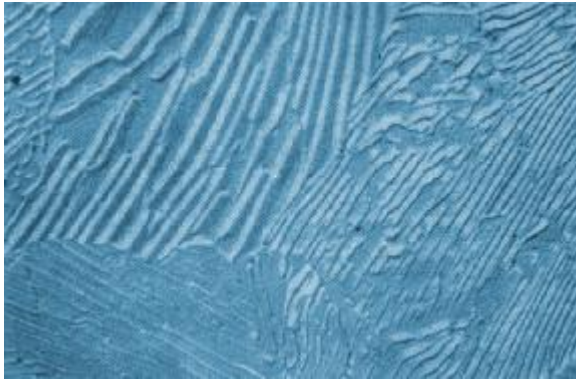
На практике это отражается на величине межпластиночного расстояния, являющегося важнейшей структурной характеристикой конструкционных сталей. Как известно, межпластиночное расстояние представляет собой усредненную сумму толщин двух соседних пластин феррита и цементита в перлитных структурах. Чем больше скорость охлаждения, тем меньше межпластиночное расстояние и тем дисперснее получающаяся феррито-карбидная смесь, тем выше микротвердость (твердость) стали [9, 10].

Следует отметить, что при анализе структурных превращений разделение феррито-цементитных структур на перлит, сорбит или троостит носит условный характер, поскольку между этими структурами нет четкой границы. Это объясняется тем, что на практике не удастся разграничить процессы образования чистого троостита, сорбита или перлита, так как скорость изменения температуры по сечению охлаждаемого изделия в процессе непрерывного охлаждения не остается постоянной, как выше отмечалось, она переменна и меняется по определенному закону, зависящему от теплофизических свойств стали.

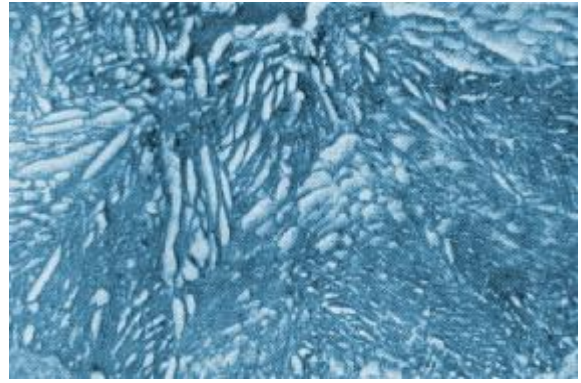
Кроме того, в отличие от перлита сорбит и троостит не

являются равновесными структурами, так как в реальных производственных условиях охлаждение, как правило, бывает неравномерным, и это приводит к определенному пресыщению сорбитного и трооститного феррита углеродом, что сказывается, естественно, на механических свойствах материала. В частности, механические свойства стали со структурами перлит, сорбит или троостит прямо пропорциональны площади поверхности раздела между ферритом и цементитом. Поэтому с понижением температуры распада аустенита и соответствующим измельчением структуры (усиления степени дисперсности) ферритные пластинки несколько пересыщаются углеродом, прочностные характеристики (прочность – σ_s , твердость - НВ) возрастают, а пластические характеристики (относительное удлинение - δ и сужение – ψ) уменьшаются [11].

Двухфазное строение сорбита и троостита выявляется только под электронным микроскопом, так как Δ - межпластиночное расстояние этих структур находится на пределе разрешающей способности оптического микроскопа ($\sim 0,2$ мкм). На рис.2 приведены фотоснимки соответственно сорбита и троостита при увеличении $\times 5000$, снятые электронным микроскопом. Четко видно, что обе эти структурные составляющие состоят из чередующихся пластинок феррита и цементита.



а)



б)

Рисунок 2- Структура продуктов распада аустенита при непрерывном охлаждении (а – сорбит, $\times 5000$); (б- троостит, $\times 5000$);

Микроструктуры, приведенные на рис.3, иллюстрируют наложение мартенситного превращения на перлитное. Так, при скорости охлаждения V_2 в температурном интервале $\sim 550^\circ\text{C} - 460^\circ\text{C}$ часть аустенита диффузионным механизмом превращается в троостит, оставшаяся часть ниже точки M_n ($\sim 260^\circ\text{C}$) бездиффузионно переходит в мартенсит. Здесь необходимо отметить, что экспериментальное исследование процессов структурообразования при охлаждении с переменной скоростью представляет сложную задачу, поскольку в зависимости от ряда факторов и, в первую очередь, от скорости охлаждения, кинетика и температурные условия развития того или иного превращения могут меняться в

определенных пределах. Поэтому далеко не всегда удается показать температурные границы, в которых превращение протекает только по одному какому-нибудь механизму (перлитно-диффузионному, промежуточному или мартенситно-бездиффузионному) и четко разграничить структурные зоны образования троостита, сорбита или перлита. В действительности процессы превращения переохлажденного аустенита могут накладываться один на другой по температуре и времени своего развития, что приводит к формированию смешанных

структур пластинчатого типа.



Мартенсит

Мартенсит + троостит -

Троостит + сорбит

Сорбит + перлит →

Перлит + феррит

Рисунок 3 - Градиентно-слоистая структура гребня цельнокатаного колеса в упрочненной зоне, снятая оптическим микроскопом при увеличении $\times 200$

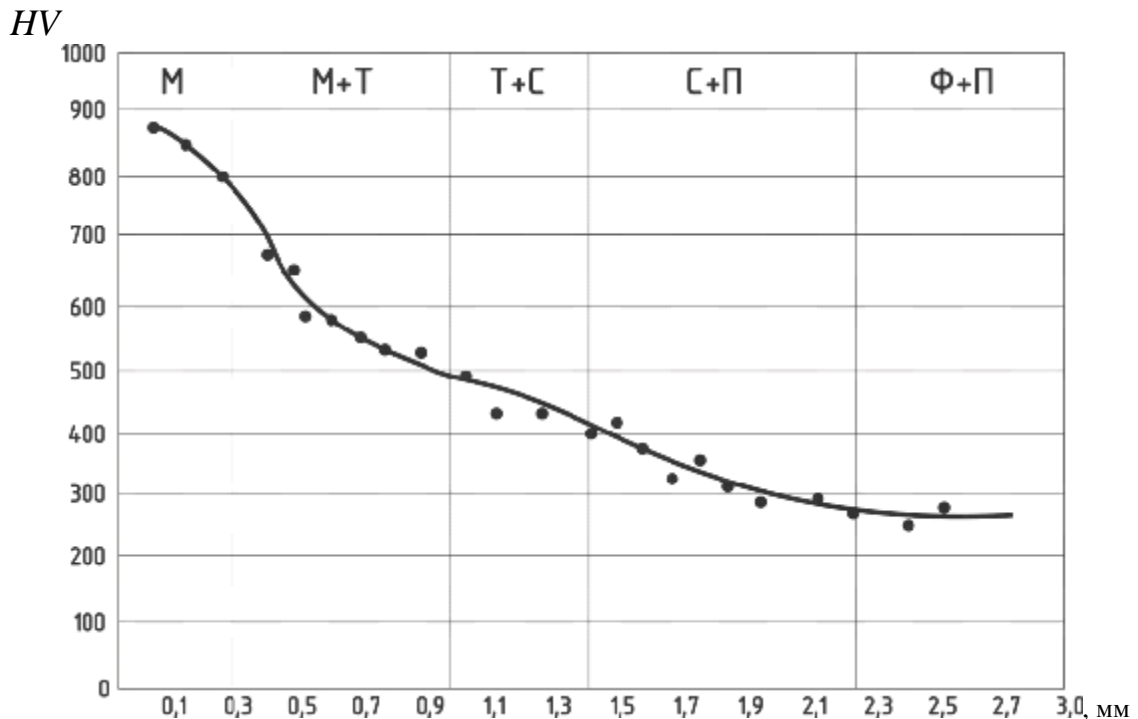


Рисунок 4 – Изменение микротвердости по сечению упрочненной зоны

Изменения микроструктуры и зона химический состав которой микротвердости стали, подвергнутой соответствующему составу стали с поверхностной плазменной закалке содержанием углерода 0,63 %. При (рис. 3 и 4) показывают, что по глубине резком охлаждении происходит ее упрочнения отчетливо наблюдается превращение в игольчатый мартенсит с образование нескольких структурных дисперсностью 5-15 мкм. За ней следует зон различной микротвердости (~ 860- зона превращенного аустенита в 250 HV). На поверхности находится троосто-мартенсит. В микроструктуре

этих слоев наблюдается присутствие постепенно возрастает. Структура небольшого количества остаточного остается феррито-сорбитной и затем аустенита, количество которого плавно переходит в феррито-колеблется и зависит от глубины перлитную. Суммарная микротвердость закаленного слоя. снижается до исходной. Исходная

Далее следует слой троостита, где структура представляет собой смесь микротвердость снижается и зависит от ферритных и перлитных зерен объемного содержания микротвердостью ~250-260 НV с присутствующих фаз, затем в структуре объемной долей каждой фазы появляется сорбит. Область соответственно 40-60 % [12].

расположения появляющегося сорбита Формирование в поверхностном определяется центральными участками слое плазменно-упрочненной колесной бывших аустенитных зерен, стали градиентно-слоистой структуры характеризуется меньшей позволяет исключить образование дисперсностью ферритных и резкой границы перехода от структур цементитных составляющих в них. мартенсита к троосто-мартенситным и Микротвердость в этой области также смешанным пластинчатым структурам зависит от объемного количества (троостит, сорбит). Это является одним присутствующих фаз. Далее, по мере из основных факторов, повышающих углубления внутрь образца, на стыке контактно-усталостную прочность границ бывших аустенитных зерен колесной стали и способствующих ее появляется феррит и его количество трещиностойкости [13].

Заключение

Показано, что механизм и скорости охлаждения происходит кинетика структурообразования по перлитное и мартенситное превращение сечению зоны плазменно-упрочненной с образованием градиентно-слоистой зоны колесной стали меняется в структуры.

зависимости от скорости охлаждения и Формирование в поверхностном температуры превращения. С слое плазменно-упрочненной колесной увеличением скорости охлаждения стали градиентно-слоистой структуры превращение аустенита, в основе позволяет исключить образование которого лежит сдвиговый фазовый резкой границы от структур мартенсита переход $\gamma \rightarrow \alpha$, смещается по к троосто-мартенситным и смешанным температурной шкале вниз. пластинчатым структурам (троостит,

Определено, что при сорбит). Это является одним из поверхностной плазменной закалке в основных факторов, повышающих колесной стали в зависимости от контактно-усталостную прочность колесной стали и способствующих ее трещиностойкости.

Список литературы

1. Тушинский Л.И. Проблемы современного материаловедения XXI века. Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. Сборник научных трудов, 2004, вып.7, с. 23-49.

2. Узлов И.Г., Бабаченко А.И., Дементьева Ж.А. и др. Влияние параметров микроструктуры колесной стали на ее вязкие свойства. Фундаментальные и

прикладные проблемы черной металлургии. Сборник научных трудов, 2007, вып.14, с. 2002-2011.

3. Исакаев Э.Х., Ильичев М.В., Тюфтев А.С. Особенности структурообразования и формирования свойств при плазменной обработке углеродистой стали // Сталь. – 2003. № 2. - с.52-55.

4. Tuftyaev A.S., Mordvynckij V.B., Zhelobcev E.A. Ocenka iznosostojkosti vysoko uglerodistykh stalej v usloviyax suxogo treniya i abrazivnogo iznachivaniya. M.. Stal, 2015. №10, p. 55-60.

5. A.T. Kanaev A., A.V. Bogomolov. Assessment of efficiency of mechanisms of hardening ferritic - pearlitic steels. Gambridge Journal of Education and Science 2015, № 2(14), pp. 493-499. Volume V1, Gambridge University Press, 2015, 642 p.

6. Металлография железа. Том 1. «Основы металлографии», пер. с англ., Изд-во «Металлургия», Москва, 1992, 240 с.

7. A.T. Kanaev, A.V. Bogomolov, A.A. Kanaev. Increase of Wear Resistance and Contract-Fatigue Strength of Wheel Steel by Plasma Hardtning. Materials Engineering Technologie for Production and Processing 1V. 2018, Solid State Phenomena, Vol, 284, pp. 1144-1150.

8. Узлов И.Г., Евсюков М.Ф., Узлов К.И. и др. Исследование кинетики формирования структуры микролегированной ванадием колесо-бандажной стали и ее влияния на механические свойства изделий железнодорожного транспорта. Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. Сборник научных трудов, 2010, вып. 21, с. 211-227.

9. Канаев А.Т., Богомоллов А.В., Кусаинова К.Т. Исследование структурообразования в гребнях колесных пар, упрочненных плазменной закалкой. Известия вузов, серия «Черная металлургия», 2012. - № 12. – с.48-51.

10. Иванов Ю.Ф., Колубаева Ю.А., Корнет Е.В. и др. Формирование тонкой структуры и фазового состава конструкционной стали при закалке. Известия высших учебных заведений. Черная Металлургия, 2009, № 4, с.23-28

11. Костырев В.Б., Ефимов О.Ю., Иванов Ю.Ф. Формирование градиентных структурно-фазовых состояний при термомеханическом упрочнении. Известия высших учебных заведений. Черная Металлургия, 2011, № 4, с. 24-27.

12. Канаев А.Т., Алексеев С.В., Пальчун Б.Г. Плазменное упрочнение поверхностного слоя крупногабаритных деталей из конструкционных сталей. Вестник ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, 2015. № 6 (109), с. 138-145.

13. Канаев А.Т., Богомоллов А.В., Орынбеков Д.Р. Дифференцированное упрочнение железнодорожных колес объемной закалкой и поверхностной плазменной обработкой. Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина, 2019, № 2 (101), с. 179-187.

REFERENCES

1. Tushinskij L.I. Problemy sovremennogo materialovedeniya XXI veka. Fundamental'nye i prikladnye problemy chernoj metallurgii. Sbornik nauchnyh trudov, 2004, vyp.7, p. 23-49.

2. Uzlov I.G., Babachenko A.I., Dement'eva ZH.A. i dr. Vliyanie parametrov mikrostruktury kolesnoj stali na ee vyazkie svojstva. Fundamental'nye i prikladnye problemy chernoj metallurgii. Sbornik nauchnyh trudov, 2007, vyp.14, p. 2002-2011.

3. Isakaev E.H., Il'ichev M.V., Tyuftev A.S. Osobennosti strukturoobrazovaniya i formirovaniya svojstv pri plazmennoj obrabotke uglerodistoj stali // Stal'. – 2003. № 2. - p.52-55.

4. Tuftyayev A.S., Mordvynckij V.B., Zhelobcev E.A. Ocenka iznosostojkosti vysoko uglerodistykh stalej v usloviyax suxogo treniya i abrazivnogo iznachivaniya. M. Stal, 2015. №10, p. 55-60.

5. A.T. Kanaev A., A.V. Bogomolov. Assessment of efficiency of mechanisms of hardening ferritic - pearlitic steels. Gambridge Journal of Education and Science 2015, № 2(14), pp. 493-499. Volume V1, Gambridge University Press, 2015, 642 p.

6. Metallografiya zheleza. Tom 1. «Osnovy metallografii», per. s angl., Izd-vo «Metallurgiya», Moskva, 1992, 240 p.

7. A.T. Kanaev, A.V. Bogomolov, A.A. Kanaev. Increase of Wear Resistance and Contract-Fatigue Strength of Wheel Steel by Plasma Hardtning. Materials Engineering Technologie for Production and Processing 1V. 2018, Solid State Phenomena, Vol, 284, pp. 1144-1150.

8. Uzlov I.G., Evsyukov M.F., Uzlov K.I. i dr. Issledovanie kinetiki formirovaniya struktury mikrolegirovannoj vanadiem koleso-bandazhnoj stali i ee vliyaniya na mekhanicheskie svojstva izdelij zhelezodorozhnogo transporta. Fundamental'nye i prikladnye problemy chernoj metallurgii. Sbornik nauchnyh trudov, 2010, vyp. 21, p. 211-227.

9. Kanaev A.T., Bogomolov A.V., Kusainova K.T. Issledovanie strukturoobrazovaniya v grebnyah kolesnyh par, uprochnennyh plazmennoj zakalkoj. Izvestiya vuzov, seriya «CHernaya metallurgiya», 2012. - № 12. – p.48-51.

10. Ivanov YU.F., Kolubaeva YU.A., Kornet E.V. i dr. Formirovanie tonkoj struktury i fazovogo sostava konstrukcionnoj stali pri zakalke. Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. CHernaya Metallurgiya, 2009, № 4, p.23-28

11. Kostyrev V.B., Efimov O.YU., Ivanov YU.F. Formirovanie gradientnyh strukturno-fazovyh sostoyanij pri termomekhanicheskom uprochnenii. Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Chernaya Metallurgiya, 2011, № 4, p. 24-27.

12. Kanaev A.T., Alekseev S.V., Pal'chun B.G. Plazmennoe uprochnenie poverhnostnogo sloya krupnogabaritnyh detalej iz konstrukcionnyh stalej. Vestnik ENU im. L.N. Gumileva, 2015. № 6 (109), p. 138-145.

13. Kanaev A.T., Bogomolov A.V., Orynbekov D.R. Differencirovannoe uprochnenie zhelezodorozhnyh koles ob'emnoj zakalkoj i poverhnostnoj plazmennoj obrabotkoj. Vestnik nauki Kazahskogo agrotekhnicheskogo universiteta im. S. Sejfullina, 2019, № 2 (101), p. 179-187.

**ПЛАЗМАЛЫҚ ШЫНЫҚТЫРУ КЕЗІНДЕ БОЛАТТЫ ДОҢҒАЛАҚТЫҢ
БЕТІНДЕ ҚАЛЫПТАСҚАН
ГРАДИЕНТТІ-ҚАБАТТЫ ҚҰРЫЛЫМ**

*Т.Е.Сарсембаева, PhD докторанты
А.Т. Канаев, т.ғ.д., профессор*

А.А. Гуляренко, PhD докторы, аға оқытушы
А.Б. Аязбаева, магистр, аға оқытушы
С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Жеңіс даңғ. 62, қ. Нұр-Сұлтан, 010011, Қазақстан, tolkyn_adil@mail.ru,

Түйін

Болатты доңғалақты плазмалық шындау кезінде беріктелген аймақтың қимасы бойынша құрылым түзудің механизмі мен кинетикасы ұсынылған. Плазмалық ағынмен тұтас илемделген дөңгелектерді өндеуге негізделген металл материалдардың бетін плазмалық өндеуді қолданудың өзектілігі көрсетілген. Мұндай өндеу процесінде материалдың құрылымы мен қасиеттерін қалыптастыру орталық (осьтік) аймақтың өзгермейтін химиялық құрамы, құрылымы мен қасиеттері кезінде қалыңдығы 1-3 мм дейінгі жұқа беттік қабатта болатыны көрсетілген.

Болатты доңғалақтың плазмалық-термиялық әсер ету аймағының қимасы бойынша құрылым түзудің механизмі мен кинетикасы, сонымен қатар салқындату жылдамдығын мен айналу процесінің температуралық жағдайына байланысты өзгерістер анықталған.

Плазмалық-беріктендірілген болатты доңғалақтың үстіңгі қабатындағы градиентті-қабатты құрылымның қалыптасуы зерттелді, ол мартенсит құрылымынан троосто-мартенситті және аралас пластиналы құрылымдарға күрт шектің түзілуін болдырмауға мүмкіндік берді. Аталған фактор болатты доңғалақтың беріктігін арттырады және оның жарықшаққа төзімділігіне ықпал етеді.

Кілттік сөздер: болатты доңғалақ, плазмалық шынықтыру, айналдыру, градиентті-қабатты құрылым, аустенит, мартенсит, тозуға төзімділік, микроқаттылық, болаттың механикалық қасиеттері, беріктендіру тереңдігі.

GRADIENT-LAYERED STRUCTURE FORMED ON THE SURFACE OF THE WHEEL STEEL DURING PLASMA QUENCHING

T.Sarsembayeva, doctoral candidate PhD
A. T. Kanaev, Doctor of Technical Sciences, Professor
A. A. Gulyarenko, PhD, project Manager
A. B. Ayazbayeva, master's degree, senior lecturer
S.Seifullin Kazakh Agronomical University, Zhenis avenue, 62, Astana, 010011,
Kazakhstan, tolkyn_adil@mail.ru

Annotation

The paper presents the mechanism and kinetics of structure formation along the cross section of the hardened zone during surface plasma quenching of wheel steel. The relevance and prospects of using plasma surface treatment of metal materials based on the treatment of solid-rolled wheels with a plasma jet are shown. In the process of such processing, the formation of the structure and properties of the material occurs in its thin surface layer up to 1-3 mm thick with

the same chemical composition, structure and properties of the Central (axial) zone. When analyzing the microstructure based on a thermokinetic diagram and the distribution of microhardness, the development of a diffusive martensite transformation, which leads to the formation of needle-like martensite, is established. The formation of a gradient-layered structure in the surface layer of plasma-hardened wheel steel has been studied, which has allowed to exclude the formation of a sharp border from martensite structures to troost-martensite and mixed plate structures. This factor, as it turned out, increases the contact fatigue strength of wheel steel and contributes to its crack resistance.

Keywords: wheel steel, plasma quenching, transformation, gradient-layered structure, austenite, martensite, wear resistance, microhardness, mechanical properties of steel, depth of hardening.

Источник финансирования

Работа выполнена при поддержке Национальной программы грантов Казахстана на 2020-2022 годы. Финансирование предоставлено Министерством образования науки Республики Казахстан в рамках бюджетной программы 217 «Развитие науки» и подпрограммы 102 «Грантовое финансирование научных исследований», № AP08052699 «Разработка и создание экспериментального участка по упрочнению тяжело-нагруженных деталей почво-режущих машин с использованием инновационной плазменной технологии».