

УДК 621.774

Дейнеко Л.Н. /д.т.н./, Мясоед Р.В.
НМетАУ

Исследование влияния параметров термического упрочнения на уровень остаточных напряжений и свойства трубных сталей с различной структурой

Рассмотрены современные требования к металлу сварных труб и соединительных деталей магистральных нефтегазопроводов и особенности технологий их производства, обеспечивающие уровень прочности K60 (X70) и выше на изделиях с толщиной стенки до 40 мм (для труб) и до 100 мм (для соединительных деталей). Приведены данные по влиянию температуры аустенитизации, режима закалочного охлаждения и температуры отпуска на структуру и уровень механических свойств металла соединительных деталей с толщиной стенки до 100 мм. Табл. 7. Библиогр.: 9 назв.

Ключевые слова: толстолистовой металлопрокат, микроструктура, механические свойства, термическое упрочнение, фазовые превращения

Modern requirements for the metal of the weld-fabricated pipes and connecting units of arterial oil pipelines and features of production technologies, providing K60 (X70) strength level and higher for production with wall thickness up to 40 mm (for pipes) and up to 100 mm (for connecting units) are considered. The data of austenitisation temperature influence, mode of the quenching cooling and drawing temperature on a structure and level of mechanical properties of metal of connecting units with wall thickness up to 100 mm are given.

Keywords: hot-rolled plate, microstructure, mechanical properties, thermal hardening, phase conversions

Промышленными предприятиями на территории Украины изготавливается качественный толстолистовой прокат, из которого отечественными трубными заводами производятся конкурентоспособные нефтегазопроводные трубы диаметром до 1420 мм с уровнем прочности K60-65 (X70-X80 по API). В последнее десятилетие требования [1] к нормируемому комплексу механических свойств основных элементов магистральных трубопроводов (труб и соединительных деталей) повысились до уровня K65 (X80) и выше (табл. 1), что требует разработки новых концепций для создания промышленных технологий производства толстолистого проката и термических мощностей, которые могут обеспечить готовым изделиям (трубам и соединительным деталям) требуемый уровень эксплуатационных свойств.

В литературе отмечается, что в реальности расчетные и экспериментальные данные существенно увеличивают необходимый уровень ударной вязкости (KCV²⁰) для труб диаметром 1420 мм с уровнем прочности K65 (X80) до значений ≥ 225 Дж/см². С увеличением уровня прочности металла труб свыше K65 (например, K75(X100) при давлении в трубе 12,6 МПа) расчетные и экспериментальные значения ударной вязкости, гарантирующие остановку трещины, возрастают до значений ≥ 335 Дж/см² [2].

Следует отметить, что за последние десятилетия имеет место тенденция к увеличению толщины стенки труб (до 40-48 мм) [3] и соединительных деталей (80-100 мм), которые могут эксплуатироваться при давлениях до 25 МПа. Повышение толщины стенки труб и соединительных деталей трубопроводов (СДТ) при одновременном возрастании требований к нор-

мированному уровню свойств металла существенно осложняют возможность производства качественных изделий по существующим технологическим схемам.

Производство СДТ (тройников, отводов, переходов, днищ), толщина стенки которых уже достигает 100 мм при более сложной их геометрической конфигурации (по сравнению с трубами), является значительно более сложным по сравнению с трубным. Следует отметить, что при одинаковых диаметрах и условиях эксплуатации трубопровода напряжения, возникающие в металле СДТ, в 1,5-3 раза и более превышают аналогичные напряжения в трубах [4]. При производстве листового проката в толщинах до 100 мм (и это не предел) ухудшается деформационная проработка металла по толщине, практически невозможно реализовать классические схемы контролируемой прокатки и последующей термической обработки (регламентированное охлаждение с температуры конца прокатки), следовательно, получать требуемое структурное состояние металла и уровень его свойств. Наличие в технологической цепочке производства СДТ одно- и многократных технологических нагревов листовой заготовки до 1000-1100 °С приводит к существенному росту аустенитного зерна в металле проката. В мировой практике изготовления СДТ диаметром свыше 530 мм штамповочной вариант является наиболее распространенным. Штамповочные СДТ имеют большое количество сварных швов и характерные для этого состояния металла механические свойства и уровень остаточных напряжений.

До середины 1990-х гг. на территории Союза СДТ диаметром до 1420 мм изготавливали с использова-

© Дейнеко Л.Н., Мясоед Р.В., 2013 г.

нием в качестве финишной термической обработки отпуска или нормализации, которые не могли существенно повысить комплекс механических свойств металла готовых изделий. Отсутствовали технологические параметры и охлаждающее оборудование для промышленной реализации финишной упрочняющей термической обработки готовых СДТ. Поэтому, не смотря на неоднократные Постановления Совета министров СССР о создании современных мощностей по изготовлению конкурентоспособных СДТ, фактически до 2004 г. они так и не были созданы. Проектные проработки таких мощностей выполнял и Укргипромет. И только в 2004 г. цикл НИОКР, выполняемых ДМетИ (НМетАУ) совместно с ОАО «Трубодеталь» (Челябинск), завершился созданием и пуском на территории СНГ современного термического цеха для термического упрочнения СДТ на уровень прочности K56-K60.

Современная тенденция объединения и укрупнения промышленных комплексов (компаний), работающих в сфере производства нефтегазопроводных труб, привела к тому, что такие компании для получения крупных и долгосрочных заказов на поставку основных комплектующих магистральных нефтегазопроводов, в состав своих производств включают (или создают) и мощности по изготовлению СДТ [5].

Промышленность Украины имеет в своем составе

Таблица 1. Сопоставление уровня механических свойств строительных сталей разных классов прочности на основании анализа нормативных документов

ГОСТ 20295-85 \ ГОСТ P52079-2003				API Spec 5L \ ISO 3183		
Класс прочности	σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ_5 , %	Класс прочности	σ_B , МПа	σ_T , МПа
K50	490	343	20	X56	489-517	386
K52	510	353	20	X60	517-537	413
K55	539	373	20	X65	531-551	448
K60	589	441	20	X70	≥565	482
-	-	-	-	X80	655-862	551
-	-	-	-	X100	765-931	689

Для металла труб класса прочности K65 (X80) ОАО «Газпром» регламентирует следующий уровень ударной вязкости в зависимости от диаметра труб и давления продукта в них

Диаметр трубы, мм	1020	1220	1420
Давление, МПа	Ударная вязкость KCV ²⁰ , Дж/см ²		
7,5	59	79	99
10	79	99	128
12	99	128	154

ве достаточно мощные предприятия по изготовлению труб большого диаметра, но не имеет современных термических мощностей для термоупрочнения труб большого диаметра и мощностей для производства СДТ.

Коллективом ученых кафедры термической обработки НМетАУ продолжают исследования, направленные на создание параметров промышленной технологии термического упрочнения СДТ с толщиной стенки до 100 мм на уровень прочности K65 и выше. Следует отметить, что запущенные в производство промышленные мощности на базе ОАО «Трубодеталь», были созданы на основе разработок этого коллектива, но в них не были реализованы все современные теоретические и практические наработки. Существенное увеличение уровня нормируемых свойств в металле труб и СДТ для строящихся нефтегазопроводов за последнее десятилетие ставит перед научными и производственными коллективами задачу создания новых подходов к технологической цепочке производства штрипсового металла (от выплавки, кристаллизации, термомеханической обработке толстолистового проката), изготовления готовых изделий и до финишной их термической обработки, способных обеспечить требуемое структурное состояние и уровень механических свойств в металле готовых изделий.

Применительно к производству штампосварных СДТ больших диаметров с толщиной стенки свыше 40 мм использование финишной упрочняющей термической обработки является обязательным в связи с тем, что эффект достижения высокого (нормируемого) уровня механических свойств и измельчения зеренной структуры в процессе изготовления такого

Таблица 2. Механические свойства отводов Ж530 мм (толщина стенки 9-11 мм) из стали 09Г2С после термоупрочнения в воде с температурой 190 °С по различным режимам и последующего отпуска 600 °С, 1 ч

Температура аустенизации, °С	σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ , %	Ψ , %	KCV ⁻⁴⁰ , МДж/м ²
Исходное состояние (горячекатаное)	560	382	33	74	- / 0,25
ТУ с 930 + отпуск 600	540	440	31	79	2,1-2,9 / 2,4
ТУ с 1050 +отпуск 600	660	550	20	75	0,1-0,78 / 0,43
ТУ с 1100 +отпуск 500	724	606	20	58	- / 0,88
ТУ с 1100 +отпуск 600	670	560	22	73	0,7-1,6 / 1,0
ТУ с 1100 +отпуск 700	662	558	23	75	- / 1,36

Примечание. Для значений ударной вязкости – в числителе приведены минимальные и максимальные значения величин ударной вязкости, а в знаменателе – средние

толстолистного проката невозможен в условиях большинства прокатных станов стран СНГ (например, невозможно организовать термоциклирование подката для дополнительного измельчения зеренной структуры, как это делается в известных разновидностях технологий контролируемой прокатки – процессах типа SHT (Sumitomo high toughness processi), TMCR (Thermo-mechanical controlled rolling) и др. Наиболее вероятным вариантом изготовления штамповочных СДТ большого диаметра из листового проката является горячая штамповка заготовок, последующая их сварка и финишная термообработка на уровне прочности X70-80 и выше, которая усложняется по мере повышения требований к металлу готовых СДТ.

В работе представлены результаты исследований различных параметров финишной термической обработки (объемное охлаждение деталей из аустенитной области с докритическими скоростями с последующим отпуском) на структуру и уровень механических свойств штрипсовых сталей.

По ряду причин в промышленности при реализации режимов термического упрочнения штамповочных СДТ целесообразно повышать температуру аустенитизации до приемлемых температур для каждой марки стали. Для современных трубных сталей различного уровня легирования максимальная научно обоснованная температура аустенитизации, при которой не происходит существенного роста зерна, не превышает 1000-1050 °С [6]. В литературе имеются данные, подтверждающие возможность повышения вязкости разрушения сталей (по критерию K_{IC}) после высокотемпературной аустенитизации, но при этом также отмечается, что ударная вязкость этих же сталей ниже, чем после традиционных температур аустенитизации [7]. Увеличение температуры аустенитизации при реализации режимов термической обработки, по сравнению с традиционной, приводит к росту зерна, повышению однородности аустенита, что при последующем охлаждении способствует повышению его устойчивости в феррито-перлитной области и обеспечивает частичное или полное протекание $\gamma \rightarrow \lambda$ превращения по промежуточному механизму.

В работе было проведено исследование влияния температуры аустенитизации на комплекс механических свойств штрипсовой стали наиболее простого химического состава – 09Г2С. В табл. 2 приведены значения комплекса свойств металла горячетянутого отвода диаметром 530 мм из стали 09Г2С с толщиной стенки 9-14 мм после термического упрочнения (ТУ) с отдельного нагрева от различных температур аустенитизации. Отводы изготавливались из безшовной трубы производства Японии.

После термоупрочнения с температуры аустенитизации 930 °С (традиционная температура для этой стали) и последующего отпуска металл имеет мелкозернистую (с 10-11 номером ферритного зерна) феррито-перлитную структуру, наиболее высокий уровень ударной вязкости при минимальном уровне прочности (из исследуемых режимов). Аустенитиза-

ция при 1050 °С с последующим термоупрочнением и отпуском приводит к получению металла с более высоким уровнем прочности, но при этом происходит резкое снижение среднего уровня ударной вязкости, что объясняется особенностями структурного состояния – на фоне достаточно мелкозернистой феррито-перлитной структуры присутствуют участки с бейнитной структурой, которые образовались в аномально крупных зернах аустенита. Для этой марки стали температурный интервал аустенитизации ~1000-1050 °С является наиболее неблагоприятной областью с точки зрения образования разнотерности в аустените и структурного конгломерата в металле после термоупрочнения.

Таблица 3. Значения механических свойств стали 15ХСНД после различных режимов термоупрочнения и последующего отпуска

Режим обработки ^x	σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ_{5s} , %	ψ , %	KCV ²⁰ , МДж/м ²
Термическое упрочнение (ТУ)	763 / 705	439 / -	18 / 20	40 / 50	0,22 / 0,27
ТУ + отпуск 500°С	664 / 615	493 / 457	21 / 26	60 / 58	0,60 / 0,54
ТУ + отпуск 600°С	594 / 570	456 / 400	24 / 28	64 / 66	0,73 / 0,87
ТУ + отпуск 700°С	557 / 517	428 / 370	28 / 28	67 / 67	0,83 / 0,93

Примечание: в числителе механические свойства (средние значения) после термического упрочнения с температуры аустенитизации 980 °С, в знаменателе после термоупрочнения с температуры аустенитизации 930 °С

Таблица 4. Механические свойства стали 14Г2АФ (40 мм) после различных режимов термического упрочнения

Марка стали и режим обработки	σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	ϕ , %	KCV ²⁰ , МДж/м ²
14Г2АФ, 40 мм Термическое упрочнение (ТУ) с 950 °С в воде ($t_v \geq 96$ °С) с охлаждением до температуры среды + отпуск 610 °С (1 ч)	576	687	21	73	1,80
ТУ с 950 °С в воде ($t_v \geq 96$ °С) с охлаждением до температуры металла ~300 °С → воздух + отпуск 610 °С (1 ч)	589	695	20	73	2,20

После термоупрочнения отводов с температуры 1100 °С и отпуска металл с полностью бейнитной

структурой имеет максимальные значения прочностных характеристик при приемлемом уровне пластичности и вязкости. Это свидетельствует о получении достаточно однородного крупнозернистого аустенитного состояния.

При разработке режимов термического упрочнения с использованием температур аустенитизации ~ до 980 °С предусматривалось компенсировать снижение вязкости металла из-за увеличения аустенитного зерна за счет измельчения вторичной структуры, получаемой при объемном ускоренном охлаждении изделий в закалочных средах на водной основе, а также за счет получения при отпуске большого количества дисперсных частиц вторичной фазы, равномерно распределенных в матрице (табл. 3).

Стали с сильными карбидообразующими элементами (например, 14Г2АФ) имеют более мелкую зеренную структуру после всех режимов обработки, потому комплекс механических свойств у них более высокий, в т.ч. и уровень ударной вязкости (табл. 4).

После термического упрочнения в металле толстостенных деталей возможно получение различного структурного состояния (Ф+П; Ф+Б; Ф+П+Б или Б), в котором при последующем отпуске происходит процесс выделения углерода с образованием частиц вторичной фазы [8]. При этом уровень прочностных, пластических свойств, а также ударной вязкости термоупрочненного металла определяется температурой отпуска (степенью распада полученных структур, уровнем микродеформаций, размером частиц вторичной фазы, их количеством, местом нахождения т.д.). Исследования показали (табл. 4), что максимальные значения вязкости в термоупрочненном по указанному режиму металле с феррито-бейнитной или бейнитной структурой получены после отпуска 500 °С и выше, а наибольшее количество вязкой составляющей в изломах ударных образцов после испытания при отрицательных температурах было отмечено после отпуска 550-600 °С (для сталей не содержащих сильных карбидообразующих элементов). Превышение температуры отпуска свыше 600-650 °С уменьшает количество вязкой составляющей в изломах образцов Шарпи, особенно с понижением температуры их испытания. При этом отмечается общая закономерность в изменении комплекса механических свойств сталей (табл. 4), подвергаемых термическому упрочнению по разработанной технологии - наличие минимальных значений предела текучести в упрочненном состоянии и его рост с максимумом при температурах отпуска ~500 °С (исследовались интервалы в 100 °С). Эта закономерность характерна как для сталей с феррито-бейнитной, так и с бейнитной структурой, в которых отсутствует эффект вторичного твердения.

Применительно к сталям с феррито-перлитной или феррито-бейнитной структурой термическое упрочнение в воде, водных растворах полимеров или хлоридов с температурой ≥80 °С имеет и негативные факторы. Исследования ударной вязкости, в т.ч. и по количеству вязкой составляющей в изломах ударных

образцов показали, что порог хладноломкости у металла, термоупрочненного с полным охлаждением (т.е. до температуры хладагента) существенно ниже по сравнению с этим же металлом, подвергнутым аналогичной термообработке, но с прерыванием процесса охлаждения при $t_{мет} \sim 250-300$ °С (табл. 5). В связи с теплотехническими особенностями рекомендуемого к промышленному использованию хладагентов (воды или водных растворов хлоридов с температурой ≥ 90 °С), заключающихся в развитой стадии пленочного кипения и в резком повышении интен-

Таблица 5. Влияние режима охлаждения малоуглеродистой низколегированной стали 09Г2С на уровень дефектности кристаллической решетки и микродеформаций

Режим обработки металла	Уровень микродеформаций, $L, \times 10^{-4}$	Плотность дислокаций, $\rho, \text{см}^{-2} \times 10^{10}$
Термическое упрочнение (ТУ) в горячей воде до полного охлаждения металла	5,6 / 5,1	3,4 / 3,0
ТУ в горячей воде с прерыванием охлаждения при температуре металла ≈250 °С	1,1 / 4,3	2,6 / 2,1
ТУ в горячей воде с прерыванием охлаждения при температуре металла ≈350 °С	0,8 / 3,6	1,9 / 1,2
Закалка в масле (+40 °С)	6,1/ -	5,04/ -
Закалка в воде (+20 °С)	24,6/ -	1,01x10 ¹¹ / -

Примечание. В числителе приведены значения величин для термоупрочненного металла, а в знаменателе после термоупрочнения и последующего отпуска 500 °С

сивности охлаждения металла в низкотемпературной области (~250-160 °С) были проведены исследования уровня микродеформаций и плотности дефектов кристаллической решетки штрипсовых сталей после термического упрочнения по режимам полного (до температуры среды) и прерванного охлаждения (табл. 5).

Исследования тонкой структуры металла, подвергнутого ускоренному охлаждению по разным режимам (табл. 5) показали, что при полном охлаждении (до температуры среды) с протеканием на поверхности раздела «металл-закалочная среда» стадии перехода от пленочного кипения к пузырьковому (в интервале температур металла поверхности ~180-200°С) уровень микродеформаций и плотности дислокаций практически одинаковы с данными для металла, подвергнутого закалке в масло. При этом для процесса охлаждения в масле характерно наличие перехода от пленочного кипения к пузырьковому в интервале температур металла поверхности ~480-500 °С, в котором возникающие термические и структурные напряжения в значительной мере релаксируются. Прерывание процесса закалочного охлаждения в воде

с температурой ≥ 80 °С при температурах поверхности металла ~ 250 и 350 °С (табл. 6) приводит к снижению в нем как уровня микродеформаций, так и плотности дефектов, что существенно повышает уровень ударной вязкости для всех исследуемых марок сталей (табл. 4).

Таблица 6. Механические свойства стали 8Г2С с мартенситной структурой, получаемой после закалки в разных охлаждающих средах и различных режимов термообработки

Режим термообработки	$\sigma_{B'}$, МПа	Предел текучести, МПа		δ , %	ϕ , %
		$\sigma_{0.2}$	σ_T		
Закалка в кипящей (>90 °С) воде (3 в кип. воде)	1035	785		7	62
3 в кип. воде + отпуск 300 °С→В	967	-	820	8	65
3 в кип. воде + отп. 300+500 °С→В	640	-	567	11	73
3 в кип. воде + отпуск 500 °С→В	616	-	536	11	74
3 в кип. воде + отпуск 200 + 300 +500 °С→В	678	-	614	14	75
Закалка в масло	877	711	-	11	71
Закалка в масло + отпуск 300 °С→В	869	697	-	11	73
Закалка в масло + отпуск 500 °С→В	643	-	574	17	75

Таблица 7. Механические свойства стали 08Г2С с феррито-бейнитной структурой после различных режимов термообработки

Режим термообработки	$\sigma_{B'}$, МПа	Предел текучести, МПа		δ , %	ϕ , %
		$\sigma_{0.2}$	σ_T		
Термическая обработка (ТО) с 930 °С, обеспечивающая получение Ф+Б структуры	541	291		32	66
ТО + отпуск 300 °С→В	531		306	33	71
ТО + отпуск 500 °С→В	490		325	31	70
ТО + отп. 300 °С+500 °С→В	484		343	27	75

Примечание. В - охлаждение металла на воздухе

При разработке промышленной технологи тер-

мического упрочнения СДТ было исследовано [9] влияние температуры и кратности отпусков, проводимых после закалочного охлаждения деталей. Исследования, выполненные на сталях различных классов и с различной структурой, показали, что замена однократного отпуска на заданный уровень свойств многократными отпусками, проводимыми при определенных температурах и с необходимой выдержкой, позволяют получать более высокий уровень свойств в металле. Теоретические и экспериментальные предпосылки оптимизации процессов структурообразования в металле термоупрочненных СДТ по такой схеме (табл. 7) позволили создать промышленные режимы эффективной упрочняющей термической обработки стальных изделий (пат. РФ № 2255984; 2256705 и др.).

В табл. 6 приведены данные по результатам механических испытаний стали 08Г2С одного химического состава (одна плавка), но с разными структурными состояниями (феррито-бейнитное и мартенситное), которые подвергались традиционным и исследуемым (многократным) режимам отпуска после термической обработки. Результаты этих исследований наглядно показывают, что при одном структурном состоянии, но получаемом при закалке в разных охлаждающих средах – в масле и в воде с температурой ≥ 80 °С (отличаются скоростью охлаждения, длительностью стадии пленочного кипения, температурами кризисов кипения и др.) свойства металла достаточно существенно отличаются (табл. 6), как и параметры тонкой структуры (табл. 5).

Из данных табл. 6 видно, что не смотря на большую скорость охлаждения в масле уровень прочностных характеристик металла после закалки в воде с температурой ≥ 90 °С существенно выше (на 15-18 %) по сравнению с закалкой в масло. Это объясняется особенностью процесса закалочного охлаждения металла в воде с температурой ≥ 80 °С – наличием резкого перехода от пленочного к пузырьковому кипению при температурах поверхности изделий $\sim 200-180$ °С (по сути термоудара), в результате которого в металле образуется дополнительное количество подвижных дислокаций и вакансий. В табл. 6, 7 приведены также сравнительные данные по влиянию количества отпусков и их температуры, проводимых после закалки (для стали одной плавки с различным структурным состоянием), на уровень механических свойств стали 08Г2С.

Из результатов механических испытаний, приведенных в табл. 6, 7 видно, что предел текучести (соответственно и пределы пропорциональности, упругости) исследуемой стали имеет более высокий уровень значений после термического упрочнения с последующими многократными отпусками. Наиболее высокий уровень предела текучести для металла с мартенситной структурой был получен после тройного отпуска (200+300+500 °С) по сравнению с режимом термообработки с одним отпуском при 500°С. Это говорит о том, что такой режим термической обработки сталей с любой структурой (в которой есть более высокая концентрация углерода или азота по

сравнению с равновесным, отожженным состоянием) более целесообразен по сравнению с режимами, использующими однократный отпуск.

При создании промышленных мощностей на базе головного предприятия в СНГ по производству СДТ диаметром до 1420 мм изложенные наработки явились основой технологии упрочняющей термической обработки, обеспечивающей металлу феррито-бейнитное или бейнитное структурное состояние с уровнем прочности до К60 (Х70).

Выводы

Повышение требований к нормируемому уровню механических свойств металла готовых труб и СДТ современных магистральных нефтегазопроводов при увеличении толщины их стенки требует от научно-производственных коллективов, работающих в этом направлении, создания и реализации в промышленности новых технологий обработки металла на всех стадиях его производства (вплоть до готового изделия), способных стабильно обеспечивать уровень свойств от К65 (Х80) и выше и поддерживать конкурентоспособность изделий отечественной трубной промышленности.

Учитывая стремление Украины к расширению разведки и добычи углеводородного сырья на своей территории, а также необходимость замены достаточно большого количества существующих трубопроводов большого диаметра, гарантийный срок службы которых истекает, целесообразно рассмотреть вопрос о создании современных промышленных мощностей по изготовлению СДТ в составе трубной отрасли.

Библиографический список

1. Арабей А.Б. Развитие технических требований к металлу труб магистральных газопроводов / Изв. вузов. Черная металлургия. – 2010. - № 7. - С. 3-10.

2. Шабалов И.П., Шафигин Е.К., Одесский П.Д. О некоторых требованиях к современным сталям для магистральных трубопроводов // Сталь. - 2010. - № 12. - С. 54-60.

3. Чернышов С.Г., Митин А.С. Степанов П.П. и др. Трубы для подводных магистральных газонефтепроводов // Сталь. - 2009. - № 9. - С. 60-61.

4. Айнбиндер А.Б. Расчет магистральных трубопроводов на прочность и устойчивость. Справочное пособие. - М.: Недра, 1982. - С. 280, 297.

5. Тазетдинов В.И., Чикалов С.Г. Повышение надежности труб для магистральных газонефтепроводов // Сталь. - 2004. - № 11. - С. 76-79.

6. Куксенко В.І. Морфологія, тонка структура і властивості голчастого фериту при зміцнюванні будівельних сталей. Автореф. на здобут. наук. ступ. к.т.н., Дніпропетровськ, 2010.

7. Закей В.Ф., Паркер Е.П. Успехи в разработке сплавов на основе железа. В кн. Проблемы разработки конструкционных сплавов. Под ред. Джаффи., Нью-Йорк, 1977. Пер. с англ. - М.: Металлургия, 1980. - С. 86-112.

8. Дейнеко Л.М. Розробка наукових основ зміцнювальної термічної обробки сполучних деталей нафтогазопроводів і виробів спеціального призначення. Дис. на здобут. наук. ступ. д. т. н., Дніпропетровськ, 2000.

9. Дейнеко Л.Н., Большаков В.И. Термическое упрочнение соединительных деталей магистральных трубопроводов. – Днепропетровск: Gaudeamus, 2000. – 120 с. ISBN 966-7282-36-8.

Поступила 06.02.2013



К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ!

Поскольку наш журнал входит в перечень изданий, в которых могут публиковаться результаты диссертационных работ по техническим (Бюл. ВАК №5, 1999) и экономическим (Бюл. ВАК №6, 2000) наукам, редакция обращается к Вам с просьбой при подготовке статей учитывать требования **Постановления Президиума ВАК Украины №7-05/1 от 15.01.2003 “ПРО ПІДВИЩЕННЯ ВИМОГ ДО ФАХОВИХ ВИДАНЬ, ВНЕСЕНИХ ДО ПЕРЕЛІКІВ ВАК УКРАЇНИ”** (Бюл. ВАК №1, 2003), которыми предписывается:

”...3. Редакційним колегіям організувати належне рецензування та ретельний відбір статей до друку. Зобов’язати їх приймати до друку у виданнях, що виходитимуть у 2003 році та у подальші роки, лише наукові статті, які мають такі необхідні елементи: постановка проблеми у загальному вигляді та її зв’язок із важливими науковими чи практичними завданнями; аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв’язання даної проблеми і на які спирається автор, виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття; формулювання цілей статті (постановка завдання); виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів; висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку.

4. Спеціалізованим ученим радам при прийомі до захисту дисертаційних робіт захищати статті, подані до друку, починаючи з лютого 2003 року, як фахові лише за умови дотримання вимог до них, викладених у п. 3 даної постанови...”

Журнал «Металлургическая и горнорудная промышленность» читают практически на всех предприятиях металлургического комплекса Украины и СНГ, в десятках ВУЗов и НИИ, а также в ряде зарубежных стран, поэтому редакция еще раз обращается к авторам с просьбой тщательно вычитывать материалы перед отправкой в редакцию.

Редакция журнала «Металлургическая и горнорудная промышленность»

Тел. (0562) 46-12-95, отв. секретарь (056) 744-81-66. E-mail: metinfo@metinform.dp.ua; mgp@metjournal.com.ua.