

Д.Н.Тогобицкая, В.П.Пиптюк, И.Н.Логозинский*, Б.А.Левин*,
А.С.Козачок, О.В.Кукса, Ю.М.Лихачов

ОПТИМИЗАЦИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СТАЛИ 14X17H2 НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ НАПРАВЛЕННОЙ ХИМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ

*Институт черной металлургии НАН Украины им З.И. Некрасова
«Электрометаллургический завод «Днепроспецсталь» им. А.Н. Кузьмина»**

На основе физико-химической модели структуризации расплава выявлена роль примесной микролегирующей подсистемы в формировании механических свойств металлопродукции из стали 14X17H2. Выполнена оценка влияния микролегирующей подсистемы на механические свойства металлопродукции. Фактическая информация об интегральных параметрах химического состава стали может быть использована при выборе соответствующих параметров термообработки.

Ключевые слова: сталь 14X17H2, физико-химическая модель, интегральные параметры химического состава, механические свойства, термообработка

Состояние вопроса. Коррозионностойкая, жаропрочная сталь 14X17H2 относится к мартенсито-ферритному классу, обладает высокими прочностными и пластическими свойствами в сочетании с высокой ударной вязкостью. Важнейшим фактором качества металлопродукции из данной стали является обеспечение достаточного уровня комплекса механических свойств, регламентируемого НТД. Например, согласно ГОСТ 5949-75, для металлопродукции из стали 14X17H2 предъявляются следующие основные требования:

1 вариант – закалка 975-1040⁰С, охлаждение в масле, отпуск 275-350⁰С, охлаждение на воздухе: ($\sigma_B=110$ кгс/мм²; $\sigma_T=85$ кгс/мм²; $\delta_5=10\%$; $\psi=30\%$; КСЧУ=5 кгс*м/см²);

2 вариант – закалка 975-1040⁰С, охлаждение в масле, отпуск 620-660⁰С, охлаждение на воздухе: ($\sigma_B=85$ кгс/мм², $\sigma_T=65$ кгс/мм², $\delta_5=16\%$, $\psi=55\%$, КСЧУ= 8 кгс*м/см²).

С целью многопланового анализа информации сотрудниками ИЧМ НАНУ сгенерировано математическое обеспечение, включающее наряду с традиционным программным обеспечением первичного анализа данных, оригинальные методы целенаправленного их проецирования, поиска скрытых закономерностей на основе методов физико-химического моделирования многокомпонентных металлических расплавов, охватывающих широкий спектр легирующих элементов. Совместно со специалистами ПАО «Днепроспецсталь» сформирована база данных, включающая информацию о марке 14X17H2: химический состав, НТД на продукцию, сведения о термической обработке и диаметрах изделий, а также таблицы фактографической информации о механических свойствах, структуре.

Изложение основных материалов исследования. Анализ сортамента и механических свойств металлопродукции из стали 14X17H2 проводился на основании накопленных за период 2009-2014 гг. баз данных о химическом составе, параметрах термообработки и механических свойствах металлопродукции для обеспечения заказов по требуемому размерному сортаменту (рис.1).

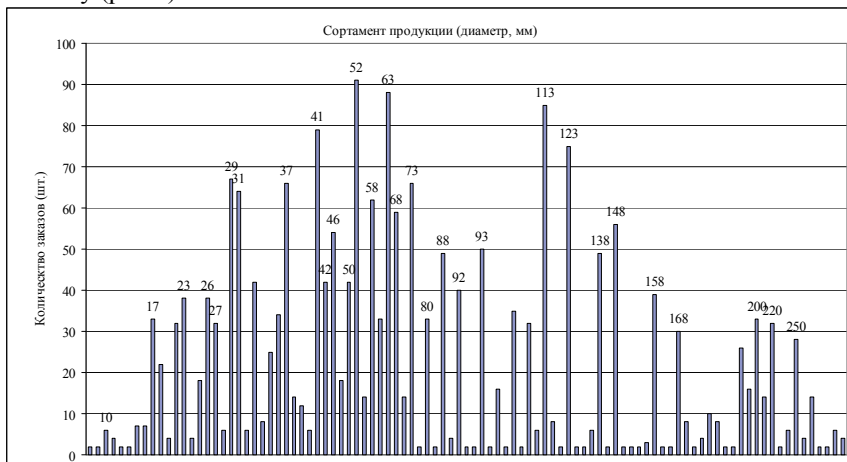


Рис.1. Сортамент продукции стали 14X17H2 за период с 2009 по 2014 гг. для ТО зак.1020-40'м. от.350-60'вх.

В связи с зашумленностью информации о механических свойствах металлопродукции принята концепция оценки достоверности данных путем последовательного уточнения областей на основе поэтапного анализа исходной информации [1]. Первичный анализ данных за 2013 г. выбранного режима термической обработки (ТО) (зак.1020⁰С -40 мин м.от. 350⁰С -1 ч воздух- температура закалки=1020⁰С, время закалки =40 мин. в масле, температура отпуска = 350⁰С, время отпуска = 1 час на воздухе) на гистограммах конкретизирует распределение характеристик во всем диапазоне. Для выбранного режима термической обработки характерны достаточно стабильные механические свойства металлопродукции в интервалах σ_B (кгс/мм²) - (111-125; 92 % значений), σ_T (кгс/мм²) - (86-104; 95 %), δ_5 (%) - (14 -24; 99 %), ψ (%) - (48-67; 95 %), КСУ (кгс м/см²) – (5-11,31; 91%).

Ретроспективный анализ данных о химическом составе стали показал, что в период с 2011 по 2013 г.г. происходило постепенное снижение содержания как основных легирующих (*Cr*, *Ni*), так и примесных (*S*, *P*, *N*, *V*, *W*, *Mo*, *Nb*) элементов и сужались диапазоны изменения их концентраций, что подтверждается статистическим критерием Стьюдента (табл.1). Потенциальные возможности описанной ранее в работах [2,3] методики многоаспектного анализа данных на основе теории Э.В.Приходько позво-

ляют обеспечить формирование репрезентативных выборок для исследования влияния химического состава и технологии на формирование свойств металлопродукции целевого назначения.

Таблица 1. Сравнительный анализ химического состава стали марки 14X17H2 по t- критерию Стьюдента

№п/п	Показатели	2011	2012	t-krit	2013	t-krit	t-krit
		min/max ср./коэф.вар.	min/max ср./коэф.вар.	2011 с 2012	min/max ср./коэф.вар.	2011 с 2013	2012 с 2013
1	C	<u>0,11/0,17</u> 0,13/8,1062	<u>0,11/0,15</u> 0,12/4,9489	4,53	<u>0,11/0,13</u> 0,121/3,7476	8,612	1,466+
2	Mn	<u>0,26/0,85</u> 0,36/23,1563	<u>0,24/0,6</u> 0,37/29,0326	1,49+	<u>0,25/0,57</u> 0,329/15,6219	7,05	4,403
3	Si	<u>0,22/0,61</u> 0,34/18,2338	<u>0,27/0,46</u> 0,34/14,1168	0,36+	<u>0,26/0,49</u> 0,339/16,5892	1,12+	0,476+
4	P	<u>0,023/0,036</u> 0,029/8,0285	<u>0,025/0,037</u> 0,029/7,553	1,24+	<u>0,017/0,033</u> 0,027/10,1988	14,223	8,86
5	S	<u>0,003/0,023</u> 0,012/48,6239	<u>0,003/0,018</u> 0,008/48,1884	9,32	<u>0,003/0,018</u> 0,008/57,5942	11,755	0,116+
6	Cr	<u>16,15/17,87</u> 17,26/1,3451	<u>16,38/17,72</u> 17,21/1,2185	2,49	<u>17,02/17,68</u> 17,22/0,6387	3,544	0,73+
7	Ni	<u>1,51/2,18</u> 1,65/8,2024	<u>1,54/2,07</u> 1,65/6,3585	0,024+	<u>1,55/1,78</u> 1,605/2,364	8,873	5,006
8	W	<u>0,02/0,25</u> 0,06/64,7039	<u>0,02/0,16</u> 0,057/53,6234	0,989+	<u>0,02/0,07</u> 0,031/45,8456	19,19	9,845
9	V	<u>0,02/0,08</u> 0,040/30,3008	<u>0,02/0,08</u> 0,04/32,9966	0,253+	<u>0,02/0,1</u> 0,042/354,391	1,017+	0,876+
10	Mo	<u>0,04/0,21</u> 0,096/34,7047	<u>0,03/0,25</u> 0,09/45,3411	1,599+	<u>0,03/0,11</u> 0,063/34,5339	20,759	7,556
11	Al	<u>0,012/0,07</u> 0,032/32,5722	<u>0,018/0,045</u> 0,032/20,512	0,743+	<u>0,019/0,057</u> 0,038/18,6174	12,918	9,181
12	Cu	<u>0,07/0,19</u> 0,118/19,4981	<u>0,07/0,16</u> 0,107/20,0298	5,263	<u>0,06/0,16</u> 0,111/19,8925	4,528	1,942+
13	Nb	<u>0,010/0,026</u> 0,017/14,3918	<u>0,01/0,024</u> 0,017/18,0023	0,738+	<u>0,01/0,012</u> 0,01/3,575	82,147	28,012
14	N	<u>0,025/0,057</u> 0,038/17,7819	<u>0/0,05</u> 0,036/31,1547	0,776+	<u>0,029/0,051</u> 0,043/10,7201	16,968	6,427
15	Co	<u>0,024/0,073</u> 0,039/12,4808	<u>0,028/0,054</u> 0,039/13,8563	0,317+	<u>0,026/0,039</u> 0,03/9,1175	36,848	17,331
16	Fe	<u>78,41/80,32</u> 79,78/0,3651	<u>79,2/80,51</u> 79,84/0,342	2,32	<u>79,11/80,24</u> 79,967/0,2356	13,173	5,027
17	Z^γ	<u>1,639/1,679</u> 1,654/0,3439	<u>1,637/1,664</u> 1,653/0,3369	2,1	<u>1,645/1,667</u> 1,651/0,2368	10,671	3,772
18	d	<u>2,789/2,8</u> 2,795/0,0673	<u>2,793/2,799</u> 2,795/0,0576	2,384	<u>2,791/2,797</u> 2,794/0,044	3,105	4,277
19	tga	<u>0,084/0,085</u> 0,0849/0,2944	<u>0,084/0,085</u> 0,0849/0,2708	0,049+	<u>0,0845/0,0847</u> 0,0846/0,0355	36,276	16,805

Примечания: Знак (+) - выборки принадлежат к одной совокупности. Для остальных – различие данных выборок достоверно с вероятностью =0,95; Z^γ, d, tga – интегральные параметры стали.

Данный подход к исследованию механических свойств металлопродукции из стали более подробно описан в наших работах [2–4]. Использование интегральных параметров отражающих зарядовое - Z^Y и структурное - d состояние в качестве «свертки» химического состава многокомпонентного металлического расплава позволяет снизить параметричность моделей и повысить эффективность решения задач по схеме «состав – технология – структура – свойство». Так, например, в результате априорного анализа данных сформированной выборки (ТО закалка 1020⁰С, 40 мин (масло), отпуск 350⁰С, 1 ч (воздух)) четко прослеживается зависимость прочностных свойств от структурного параметра d и $tg\alpha$, константа для каждого элемента, характеризующая изменение радиуса иона при изменении его заряда, а также физико-химического эквивалента Z^Y (рис.2).

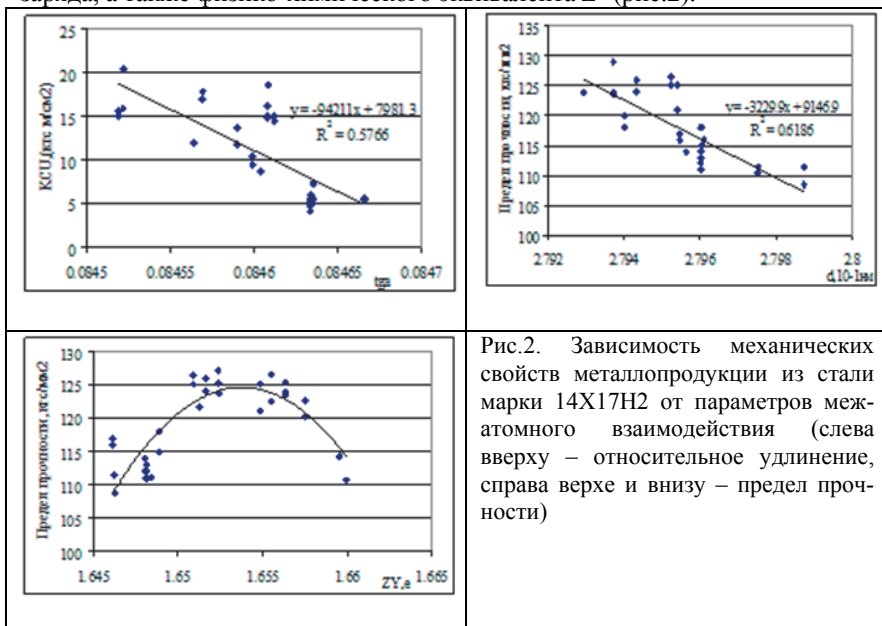


Рис.2. Зависимость механических свойств металлопродукции из стали марки 14X17H2 от параметров межатомного взаимодействия (слева сверху – относительное удлинение, справа верхе и внизу – предел прочности)

Таким образом, на основе выявленных закономерностей изменения параметров межатомного взаимодействия от компонентного состава стали подготовлена инструментальная база для оптимизации показателей качества на основе вычислительного эксперимента [5].

Структуризация химического состава стали и оценка формирования свойств металлопродукции. Задача стабилизации механических свойств металлопродукции решалась на основе исследования поэлементного влияния на интегральные параметры d и Z^Y полного химического состава в диапазонах его изменения для анализируемой выборки на основе вычислительного эксперимента с применением «масштабирования» переменных путем приведения состава к отрезку [0-1] (рис.3).

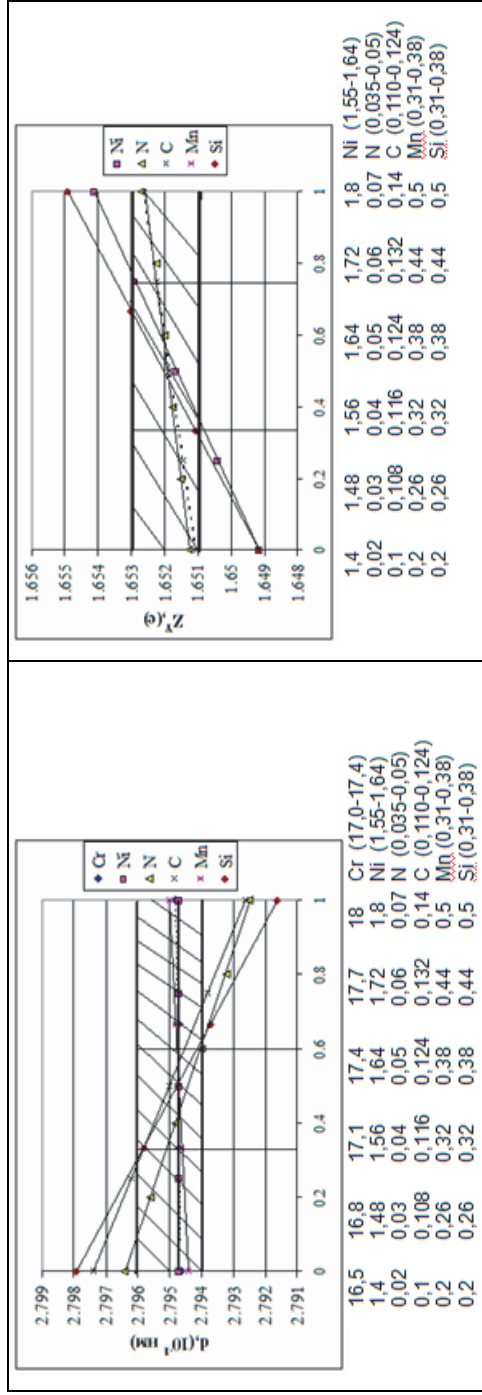


Рис.3. Влияние химических элементов на параметры межэтомного взаимодействия для полного химического состава – зарядового Z^{γ} (e) и структурного d (10^{-1} nm) состояний, (в скобках рекомендуемые диапазоны состава).

Расчеты показали, что наибольшие градиенты, понижающие структурный параметр исследуемого расплава стали d , обеспечивают кремний, азот и углерод. Возрастание параметра Z^{γ} свидетельствует об «усилении» межэтомных связей в системе, что обуславливает повышение комплекса прочностных свойств. Таким образом решение задачи стабилизации свойств сводится к стабилизации изменения параметров d и Z^{γ} в пределах заштрихованной на рис.3 области (никеля 1,56-1,72 вес.%, марганца и кремния 0,32-0,38 вес.%, углерода 0,116-0,124 вес.%, хрома 17,1-17,4 вес.%), что удовлетворяет «суженным» диапазонам изменения химического состава стали 14X17H2.

В ходе исследований было установлено, что элементы примесной подсистемы - сера и фосфор не оказывают существенного влияния на изменение параметров d и Z^{γ} .

Построенные картограммы изменения механических свойств металлопродукции из исследуемой стали в координатах d и Z^Y подтверждают полученные результаты вычислительного эксперимента (рис.4). Как следует из картограмм, защитриванные области ограниченной характеризируются следующими уровнем свойств: предел прочности (кгс/мм²) – 114-126, предел текучести (кгс/мм²) – 89-97, ударная вязкость – 9-12 (кгс м/см²), относительное удлинение (%) – 20-23, относительное сужение (%) – 61-67.

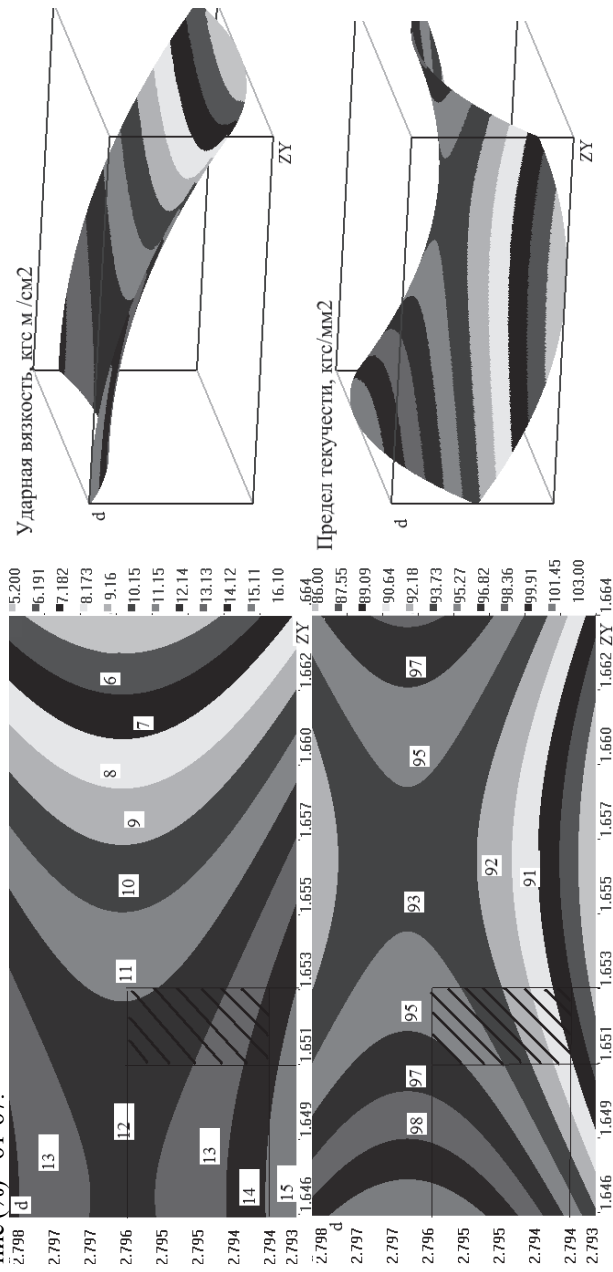


Рис.4. Зависимость механических свойств металлопродукции из стали 14X17H2 (круг диаметром 29 мм) от параметров межатомиго взаимодействия зарядового Z^Y (е) и структурного d (10^{-1} мм) состояний.

Оценка роли примесных подсистем на формирование механических свойств металлопродукции из стали 14X17H2

Для анализа следствий локализации процессов, результатом которых является формирование структуры и свойств металлопродукции из стали, в работе использован описанный в работах [2,5] подход разделения общего состава на различные подсистемы:

Общая – [C, Mn, Si, S, P, Cr, Ni, Al, W, V, Nb, Mo, Co, Fe];

Матричная – [C, Mn, Si];

Легирующая – [Cr, Ni];

Примесная микролегирующая - [W, V, Nb, Mo];

Примесная – [S, P].

Основанием для отнесения элементов к той или иной подсистеме являются результаты анализа как корреляционной матрицы, так и факторного анализа. Наиболее существенная взаимосвязь выявлена для примесной микролегирующей подсистемы [коэффициент корреляции $\geq -0,6$], которая является индикатором процессов карбидообразования (рис.5).

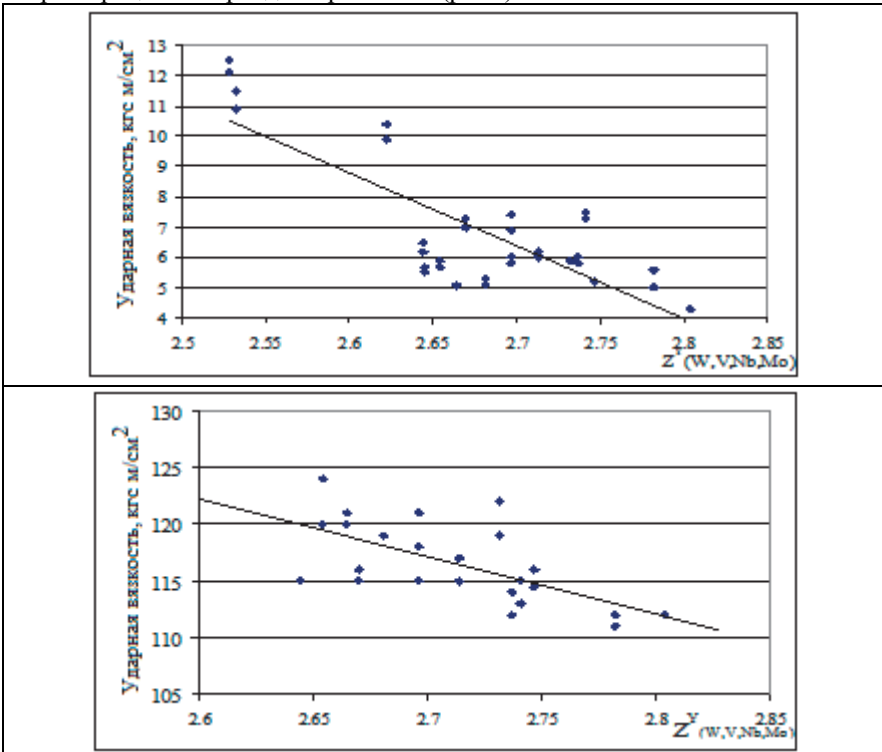


Рис.5. Влияние параметра зарядового состояния подсистемы [W,V,Nb,Mo] на ударную вязкость и предел прочности для металлопродукции из стали 14X17H2, зак.1020-40'м. от.350-60'вх.

Это связано с тем, что микролегирование стали карбидообразующими элементами-ингибиторами способствует существенному измельчению зерна. Важнейшую роль при этом играют мелкодисперсные карбонитриды, которые препятствуют росту зерен. Для подтверждения выявленной закономерности и возможности корректировки уровня механических свойств была сформирована выборка промышленных данных с усиленным контролем механических свойств металлопродукции из стали 14X17H2 с целью выбора режимов термообработки, обеспечивающих, в частности, требуемый уровень ударной вязкости [6]. В таблице 2 наряду со стандартными вариантами термообработки представлены данные по повышению ударной вязкости за счет увеличения температуры отпуска или ее длительности.

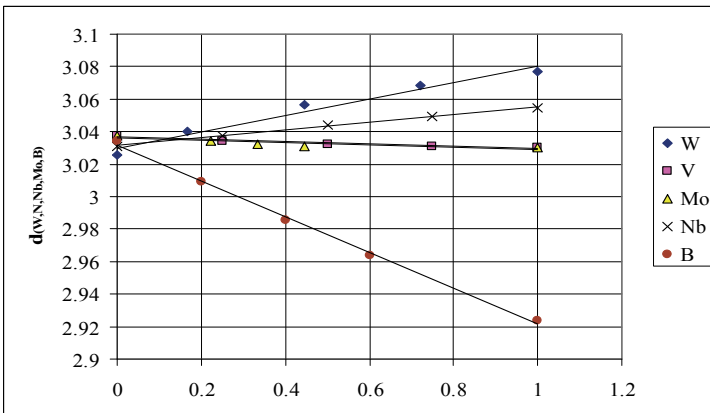
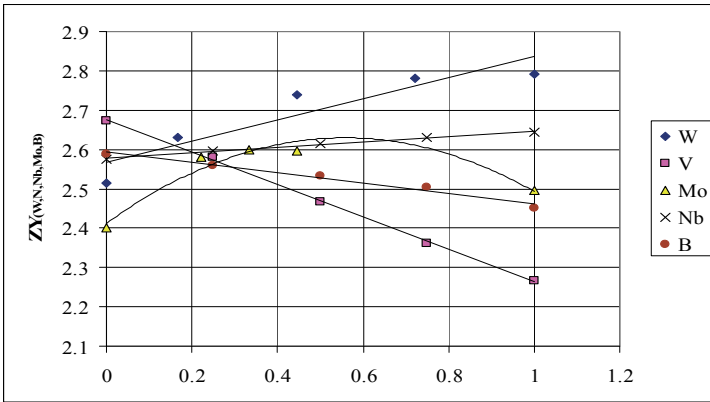
Таблица 2. Варианты корректировки режимов термообработки при пониженных значениях ударной вязкости

№ плавки	Диаметр мм	σ_T , кгс/мм ²	σ_B , кгс/мм ²	δ , %	ψ , %	KCU, кгс/см ²	Параметры термообработки	$Z_{(W,V,Nb,Mo)}^Y$	$d_{(W,V,Nb,Mo)}$
A00209	52/50	90	115	20	59,5	5,2	3.1020-40'.м.О.350-1ч.вз.	2,591	3,091
A00209	52/50	94	119	21	61,5	8,7	3.1020-40'.м.О.350-1ч.вз.		
A00209	63/60	70	90	22	64	9,6	3.1020-1ч.м.О.640-1ч.вз.		
A00209	63/60	72	92	20	61,5	10,7	3.1020-1ч.м.О.640-1ч.вз.		
99831	30	92	117	19	64	3,6	3.1020-1ч.м.о.350-1ч.вз.	2,646	3,094
99831	30	95	120	19	61,5	3,5	3.1020-1ч.м.о.350-1ч.вз.		
99831	30	86	111	18	59	5,1	3.1000-1ч.м.о.350-90'.вз.		
99831	30	86	111	17	56,5	5,2	3.1000-1ч.м.о.350-90'.вз.		
A00193	29	80,15	103	20	61,5	5	3.1020-1ч.м.О.350-1ч.вз.	2,707	3,098
A00193	29	90	115	21	64	4,9	3.1020-1ч.м.О.350-1ч.вз.		
A00193	29	87	112	21	64,5	7,7	3.1020-1ч.м.О.640-1ч.вз.		
A00193	29	87	112	21	64,5	8,3	3.1020-1ч.м.О.640-1ч.вз.		
A00441	168/100	79,3	102	17	45	2,4	3.1020-1ч.м.О.350-1ч.вз.	2,748	3,106
A00441	168/100	82,7	106	20	59	1,9	3.1020-1ч.м.О.350-1ч.вз.		
A00441	168/100	86,1	110	16	53,5	3,2	3.1020-1ч.м.О.350-1ч.вз.		
A00441	168/100	85,7	109,5	17	52	3,1	3.1020-1ч.м.О.350-1ч.вз.		
A00441	168/100	68	88	22	66	9,6	3.1020-1ч.м.О.680-40'вз.		
A00441	168/100	69	89	17	63	8,4	3.1020-1ч.м.О.680-40'вз.		

Несмотря на снижение σ_T и σ_B в пределах $\approx 20-25$ кгс/мм², увеличение температуры отпуска стали приводит к увеличению KCU. При этом предложенные выше интегральные параметры межзатомного взаимодействия примесной микролегирующей подсистемы ($Z_{(W,V,Nb,Mo)}^Y$, $d_{(W,V,Nb,Mo)}$) могут быть использованы,

как критерии для такой корректировки режима термообработки (параметры $Z^Y_{(W,V,Nb,Mo)}$, $d_{(W,V,Nb,Mo)}$ лежат в области критических диапазонов).

На рис.6 приведены результаты вычислительного эксперимента, характеризующего изменение интегральных параметров $Z^Y_{(W,V,Nb,Mo,B)}$ и $d_{(W,V,Nb,Mo,B)}$ при введении бора в пределах 0,001-0,0035.



0,02	0,06	0,1	0,14	0,18	0,2	W
0,02	0,036	0,052	0,068	0,084	0,01	V
0,02	0,06	0,1	0,14	0,18	0,2	Mo
0,08	0,112	0,114	0,176	0,208	0,24	Nb
0,001	0,0015	0,002	0,0025	0,003	0,0035	B

Рис.6. Влияние химических элементов на параметры межзатомного взаимодействия для примесной-микролегирующей подсистемы с бором – зарядовый $Z^Y_{(W,V,Nb,Mo,B)}$ (е) и структурный $d_{(W,V,Nb,Mo,B)}$ (10^{-1} нм)

Как следует из результатов вычислительного эксперимента, в качестве потенциального элемента, стабилизирующего механические свойства для исследуемого диапазона химического состава, можно рассматривать ванадий. Увеличение содержания ванадия приводит к понижению значения интегрального параметра $Z_{(W,V,Nb,Mo)}^Y$, оставаясь в области допустимых значений по изменению параметра $d_{(W,V,Nb,Mo)}$, что согласуется с литературными данными работ [7-9]. Учитывая опыт использования бора, в качестве гипотезы для повышения комплекса механических свойств металлопродукции из стали 14X17H2, нами также предложено его как микролегирующий элемент. Механизм его благотворного влияния объясняется образованием прочных мелкодисперсных нитридов бора, что способствует формированию более однородной структуры за счет минимизации напряжений и ликваций. При микролегировании стали бором особо актуален вопрос выбора оптимального его содержания (<0,006%), а также обеспечения его свободной («эффективной») концентрации.

Как следует из результатов эксперимента, бор существенно понижает структурный параметр $d_{(W,V,Nb,Mo)}$ подсистемы, оставляя в узком диапазоне стабильности параметра $Z_{(W,V,Nb,Mo)}^Y$. Полученные теоретические результаты послужили основанием для выдачи рекомендации о микролегировании стали 14X17H2 бором в диапазоне 0.003-0.004%. Техническими службами завода было принято решение о пробных плавках с введением ферробора.

В первом полугодии 2015 г. проведено 11 плавок стали 14X17H2, в том числе по опытной технологии – 3 плавки: A01977, A02306 и P03286. По результатам контроля опытных плавок, микролегированных бором, получены положительные результаты – зафиксировано уменьшение брака, связанного с образованием основного вида дефекта для данной марки стали – трещин напряжения. На сортовых станах зафиксировано снижение фактического расходного коэффициента на 24 кг/т (выборочная зачистка) и 6кг/т (сплошная зачистка).

Предложенные рекомендации положены в основу изменения технологии выплавки стали марки 14X17H2.

Выводы

1. Выполнен анализ колеблемости химического состава стали 14X17H2, и реализована методика определения его «суженных» диапазонов, обеспечивающих стабильность структуры расплава. На основе физико-химической модели структуры металлических расплавов, позволяющей учитывать как свойства отдельных элементов, так и результаты их взаимодействия, научно обоснованы рациональные пределы изменения элементного состава стали 14X17H2.

2. Обоснована целесообразность разделения общего легирующего комплекса стали на подсистемы: матричную [C, Mn, Si], легирующую [Cr, Ni] и примесные: микролегирующую [W, V, Nb, Mo] и нежелательную [S,

Р]. Такое разделение способствует выяснению роли отдельных комплексов легирующих и примесных компонентов в формировании механических свойств металлопродукции из стали и принятию соответствующих рекомендаций.

3. На основе физико-химической модели структуризации расплава стали выявлена роль примесной микролегирующей подсистемы в формировании механических свойств металлопродукции из стали 14X17H2. Получены закономерности, позволяющие выполнить оценку степени влияния данной подсистемы на механические свойства металлопродукции. Фактическая информация об интегральных параметрах химического состава стали $Z^Y_{(W,V,Nb,Mo)}$ и $d_{(W,V,Nb,Mo)}$ может быть использована при выборе соответствующих параметров термообработки.

4. На основе вычислительного эксперимента с целью повышения механических свойств металлопродукции из стали 14X17H2 показана целесообразность ее микролегирования бором в пределах 0,003 – 0,004% для улучшения качества металлопродукции. По результатам контроля опытных плавок, зафиксировано уменьшение брака, связанного с образованием основного вида дефекта для данной марки стали – трещин напряжения.

1. *Исследование механических свойств стали 14X17H2 с использованием критериев качества и методики межатомного взаимодействия в металлических расплавах.* / Д.Н.Тогобицкая, В.П.Пиптюк, И.Н.Логозинский и др. // Спеціальна металургія: вчора, сьогодні, завтра. – НТУУ «КПІ», Київ, 2015. – С.899-909.
2. *Информационно – математическое обеспечение оценки влияния химического состава на свойства готового проката.* / Э.В.Приходько, Д.Н.Тогобицкая, А.С.Козачёк и др. // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных работ. – Выпуск 3 (68). – Днепропетровск, 2010. – С.33-39.
3. *Приходько Е.В., Тогобицька Д.М., Козачок О.С.* Інформаційно-аналітична система стабілізації властивостей прокату. // Металознавство та обробка металів. – Киев. – 2011. – №1. – С.39-43.
4. *Оптимизация химического состава колесных марок сталей на основе параметров межатомного взаимодействия* / Д.Н.Тогобицкая, А.И.Бабаченко, А.С.Козачёк и др. // Математичне моделювання. – №1 (30).– Днепродзержинськ, 2014 – С.44-47.
5. *Системный подход к выбору оптимального элементного состава стали, обеспечивающего требуемый уровень механических свойств.* / Д.Н.Тогобицкая, В.П.Пиптюк, И.Н.Логозинский и др. // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных работ. – Днепропетровск, 2015. – С.91-97.
6. *Про один із підходів стабілізації складу електросталі виробництва ПАТ «Дніпрспецсталь».* / Д.М.Тогобицька, В.П.Пиптюк, І.Н.Логозинський та інші. // Теорія і практика металургіч. Випуск 1-2 (102-103) – Днепропетровск, 2015. – С.44-46.
7. *Ланская К.А.* Высокохромистые жаропрочные стали. – М.: Металлургия, 1976. – 216 с.

8. *Структура и свойства жаропрочных металлических материалов.* // Сб. докладов по проблеме жаропрочности под ред. А.Н. Чернова, Институт металлургии им. А.А.Байкова АН СССР, М: Изд-во «Наука», 1973. – 262 с.
9. *Коррозионностойкие, жаростойкие и высокопрочные стали и сплавы:* Справочник. / НП «Спецматериалы». – М: Интермет Инжиниринг, 2000. – 232 с.
10. *Браун М.П.* Микрولةгирование стали. – Киев: Наук. Думка, 1982. – 303 с.
11. *Лякишев Н.П., Плинер Ю.Л., Лапто С.И.* Борсодержажие стали и сплавы. – М.: Металлургия, 1986. – 192 с.

*Статья рекомендована к печати
докт.техн.наук, проф. А.Г.Чернятевичем*

*Д.М.Тогобицька, В.П.Піптюк, І.М.Логозинський., Б.А.Левін, О.С.Козачок,
О.В.Кукса, Ю.М.Ліхачов*

Оптимізація хімічного складу сталі 14X17H2 на основі концепції спрямованого хімічного зв'язку

На основі фізико-хімічної моделі структуризації розплаву виявлено роль домішкової мікрولةгуючої підсистеми у формуванні механічних властивостей металопродукції з сталі 14X17H2. Виконано оцінку впливу мікрولةгуючої підсистеми на механічні властивості металопродукції. Фактичну інформацію про інтегральні параметри хімічного складу сталі може бути використано для вибору відповідних параметрів термообробки.

Ключові слова: сталь 14X17H2, фізико-хімічна модель, інтегральні параметри хімічного складу, механічні властивості, термічна обробка

*D.N.Togobitskaia, V.P.Piptiuk, I.N.Logozinskii, B.A.Levin, A.S.Kozachek,
O.V.Kuksa, Y.M.Likhachov*

Optimization of chemical composition of steel 14X17H2 based on the concept of a chemical communications

On the basis of the physico-chemical model of melt structuring revealed the role of micro-alloying subsystem in the formation of the mechanical properties of steel from steel 14H17N2. The estimation of the impact of micro-alloying subsystem on the mechanical properties of steel. Factual information on the integral parameters of the chemical composition of the steel may be used in the selection of appropriate heat treatment parameters.

Keywords: steel 14H17N2, physico-chemical model, integral parameters of chemical composition, mechanical properties, heat treatment