

**ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА**

**ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ
МЕН ТЕХНИКАСЫ**

2001 ЖЫЛДАН БАСТАП ШЫҒАДЫ



**НАУКА И ТЕХНИКА
КАЗАХСТАНА**

ИЗДАЕТСЯ С 2001 ГОДА

ISSN 2788-8770

№ 1 (2022)

ПАВЛОДАР

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ**
выходит 1 раз в квартал

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ KZ51VPY00036165

выдано

Министерством информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

Публикация научных исследований по широкому спектру проблем
в области металлургии, машиностроения, транспорта, строительства,
химической и нефтегазовой инженерии, производства продуктов питания

Подписной индекс – 76129

<https://doi.org/10.48081/TFZY8989>

Импакт-фактор РИНЦ – 0,342

Абишев Кайратолла Кайроллинович – к.т.н., профессор (главный редактор);
Касенов Асылбек Жумабекович – к.т.н., профессор (заместитель главного редактора);
Мусина Жанара Керейовна – к.т.н., профессор (ответственный секретарь);
Шокубаева Зауреш Жанатовна – технический редактор.

Члены редакционной коллегии:

Калиакпаров Алтай Гиндуллинович – д.т.н., профессор (Нур-Султан, Казахстан);
Клецель Марк Яковлевич – д.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);
Шеров Карибек Тагаевич – д.т.н., профессор (Караганда, Казахстан);
Богомоллов Алексей Витальевич – к.т.н., ассоц. профессор (Павлодар, Казахстан);
Кажыбаева Галия Тулеуевна – к.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);

Зарубежные члены редакционной коллегии:

Baigang Sun – профессор (Пекин, Китай);
Gabriele Comodi – PhD, профессор (Анкона, Италия);
Jianhui Zhao – профессор (Харбин, Китай);
Khamid Mahkamov – д.т.н., профессор (Ньюкасл, Великобритания);
Magin Lapuerta – д.т.н., профессор (СьюДад Реал, Испания);
Mareks Mezitis – д.т.н., профессор (Рига, Латвия);
Petr Bouchner – PhD, профессор (Прага, Чехия);
Ronny Berndtsson – профессор (Лунд, Швеция);
Барзов Александр Александрович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Витвицкий Евгений Евгеньевич – д.т.н., профессор (Омск, Россия);
Иванчина Эмилия Дмитриевна – д.т.н., профессор (Томск, Россия);
Лазарев Владислав Евгеньевич – д.т.н., профессор (Челябинск, Россия);
Мягков, Леонид Львович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Янюшкин Александр Сергеевич – д.т.н., профессор (Чебоксары, Россия);
Ребезов Максим Борисович – д.с/х.н., профессор (Москва, Россия).

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов
При использовании материалов журнала ссылка на журнал «Наука и техника Казахстана» обязательна

© Торайгыров университет

***П. О. Быков¹, М. Ж. Тусупбекова², Д. Р. Абсолямова³, И. Э. Дейграф⁴**

^{1,2,3,4}Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

МОДИФИЦИРОВАНИЕ СТАЛИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БЕСШОВНЫХ ТРУБ

В работе исследована технология модифицирования низколегированной стали ванадием нефтяного сортамента для производства бесшовных труб группы прочности Е с целью исключения дальнейшего процесса термического упрочнения.

Экспериментальным путем выявлено, что модифицирование низколегированной стали типа 35Г2 ванадием при выплавке одношлаковым процессом в дуговой печи с доводкой на агрегате ковши-печь и ковшевом вакууматоре является наиболее оптимальной по сравнению с титаном или комплексом титан-ванадий по макро- и микроструктуре непрерывнолитых заготовок (НЛЗ).

Сравнительный анализ показал, что макроструктура НЛЗ (модифицирование ванадием, титаном и комплексом титан-ванадий) соответствуют СТО 007-2009, при этом значение осевой химической неоднородности ОХН (1,5 балла) имеет одинаковое значение для всех образцов НЛЗ, ликвационные полосы и трещины ЛПТ по сечению заготовки имеет наименьшее значение (0 баллов) для НЛЗ модифицированной ванадием (наибольшее (1 балл) для НЛЗ модифицированной титаном), осевые ЛПТ имеют значение 1 балл для НЛЗ модифицированной как ванадием, так и комплексом Ti+V (для НЛЗ модифицированной Ti значение 0,5 балла), значение краевой точечной загрязненности КТЗ имеют значение 0,5 балла для НЛЗ модифицированной как ванадием, так и комплексом Ti+V (для НЛЗ модифицированной Ti значение 0 балла).

Ключевые слова: сталь, непрерывнолитая заготовка, модификатор, ванадий, бесшовная труба.

Введение

В Казахстане единственным производителем стальных бесшовных труб нефтяного сортамента является ТОО «KSP Steel».

В настоящее время технология производства бесшовных труб группы прочности Е ТОО «KSP Steel» предусматривает термическую обработку горячекатанных труб, что в свою очередь требует дополнительного оборудования, времени, человеческих ресурсов и значительно увеличивает трудоемкость и себестоимость процесса [1–4].

Альтернативным вариантом получения требуемых свойств горячекатанных труб групп прочности Е является модифицирование трубных марок сталей различными химическими элементами (ванадий, ниобий, титан и другие).

В настоящее время в мире разработаны множество способов и устройств для проведения операции модифицирования жидкого стального расплава, и все они обладают теми или иными достоинствами и недостатками [3–10].

Модифицирование, микролегирование и инокулирование жидкого расплава во многом определяет окончательный уровень служебных свойств металлопродукции. Применение оптимальных режимов модифицирования позволяет существенно повысить физическую однородность металла, улучшить макроструктуру, повысить механические свойства и т.д. [3–5].

Основными критериями оценки модификаторов следует считать [3]:

- термодинамическую и кинетическую возможность реагирования с кислородом, серой, азотом и углеродом;
- растворимость в жидкой стали;
- давление пара при температурах сталеплавильных процессов;
- доступность к стоимости.

Многие элементы по механизму своего влияния на структуру металла могут быть условно объединены в две группы модификаторов [3]. К первой группе относятся тугоплавкие металлы (ванадий, ниобий, титан) или их соединения, вводимые в расплав (или образующиеся в расплаве) в высокодисперсном (или коллоидно-дисперсионном) состоянии. Образование большого числа центров кристаллизации обеспечивает получение мелкозернистой структуры и сопровождается повышением свойств металла. Происходит упрочнение металла при некотором снижении показателей, характеризующих пластические свойства металла (относительное удлинение и сужение). Получение необходимой прочности стали достигается благодаря введению одной или нескольких микродобавок V, Nb, Ti в суммарном количестве до 0,10 % – 0,15 %. Непременной особенностью модификаторов второго рода – ингибиторов состоит в том, что они имеют ограниченную растворимость в жидкой фазе. В процессе затвердевания они адсорбируются на поверхности растущих кристаллов, понижая скорость роста граней кристаллов металла. Действие малорастворимых модификаторов на структуру сводится к торможению скорости роста кристаллов вследствие образования концентрационного пограничного слоя. Однако скорость затвердевания стали не уменьшается. Это объясняется образованием дополнительных центров кристаллизации, неустойчивостью фронта растущих кристаллов. К этой группе относятся в первую очередь щелочноземельные элементы – кальций, магний, барий.

Таким образом, исследование влияния модифицирования стали различными химическими элементами на свойства бесшовных труб группы прочности Е, что позволит:

- определить оптимальный химический состав выплавляемой стали для производства труб группы прочности Е;

- обеспечить гарантированное получение физико-механических свойств труб группы прочности Е на линии горячего проката;
- снизить себестоимость продукции;
- исключить применение дополнительного оборудования для термообработки труб.

Материалы и методы

Объектом исследования являлась технология модифицирования стали различными модификаторами на основе ванадия и титана с целью снижения затрат на производство стальных бесшовных труб.

Для экспериментальных исследований использовалась низколегированная сталь следующего химического состава (таблица 1).

Таблица 1 – Химический состав стали, %

C	Si	Mn	P, max	S, max	Cr	Ni, max	Mo	Al	Cu, max
0,34 - 0,37	0,15 - 0,35	1,25 - 1,50	0,020	0,020	<0,25	0,25	<0,08	0,0 1-0,05	0,25

В работе использовали следующие методы исследования:

- оптико-эмиссионная спектрометрия по ГОСТ 18895 на оптико-эмиссионном спектрометре ДФС-500;
- металлографический метод: макро-и микроструктурный анализы по ГОСТ 10243, ГОСТ 8233, СТО-002-2017, СТО-007-2015.

Выплавка стали осуществлялась в дуговой печи (ДСП) емкостью 60 тонн одношлаковым процессом с доводкой стали на агрегате ковш-печь (АКП) и ковшевом вакууматоре (КВ). Дуговые печи были оснащены стенowymi газокислородными горелками, углеродными инжекторами, системой эксцентричного донного выпуска, системой подачи ферросплавов. Установка АКП была предназначена: для окончательной доводки стали по химическому составу и температуре; десульфурации стали; удаления неметаллических включений и модифицирования; согласования работы агрегатов при разливке стали сериями на машинах непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). КВ использовался для удаления растворенных газов из стали.

В качестве шихтовых материалов использовались:

- металлолом категории 1А, 2А, отходы передельных участков по ГОСТ 2787;
- для науглероживания – углеродсодержащий материал фракцией 0,5–2 мм, с содержанием углерода не менее 93 %;
- шлакообразующие материалы – известь свежесожженная с содержанием активных окисей CaO+MgO не менее 90 %, плавиковый шпат по ГОСТ 29220-91;
- раскислители, легирующие, модификаторы – ферросиликомарганец по ГОСТ 4756-91 (FeSiMn), ферросилиций по ГОСТ 1415-93 (FeSi – 65), силикокальций по ГОСТ 4762-71 (СК30), ферромарганец (FeMn – 80) по ГОСТ 4755-91, алюминий АВ – 87 ГОСТ 295-98 катанку алюминиевую ГОСТ 13843-78.

В экспериментах в качестве модификатора использовали модификаторы на основе Ti, V, а также комплекс Ti+V.

Результаты и обсуждение

Количество материалов и параметры разливки указаны в таблицах 2–10.

Таблица 2 – Химический состав стали на выпуске из ДСП

Тип модификатора	Химический состав на выпуске из ДСП, %								Температура на выпуске из ДСП, °C
	C	Si	Mn	P	S	N	Cu	Mo	
Ti	0,07	0,01	0,05	0,009	0,040	0,0059	0,19	0,01	1619
Ti+V	0,06	0,01	0,06	0,005	0,035	0,0064	0,18	0,02	1625
V	0,09	0,01	0,05	0,007	0,028	0,0041	0,15	0,01	1625

Таблица 3 – Количество, присаживаемых материалов в ковш на выпуске из ДСП, кг

Тип модификатора	CaO	FeSiMn	Al чушковый	Науглероживатель
Ti	304	1002	52	126
Ti+V	304	988	51	128
V	304	1016	51	122

Таблица 4 – Количество материалов подаваемых на АКП, кг

Тип модификатора	CaO	CaF ₂	FeSiMn	Науглероживатель	Al катанка, м	FeV
Ti	708	100	454	98	170	-
Ti+V	710	106	306	106	201	107
V	710	108	342	134	184	120

Таблица 5 – Параметры обработки на АКП

Тип модификатора	длительность нахождения металла в ковше, мин.	стойкость стальной ковша, кол - во плавов	температура металла перед отправкой на вакууматор, °C
Ti	69	55	1670
Ti+V	63	49	1678
V	71	8	1660

Таблица 6 – Параметры обработки в ковшевом вакууматоре

тип модифи- катора	длительность вакуумирования, мин	достигнутое разряжение, mbar	кол-во присаживаемых материалов в ковш на вакууматоре, м		общая длительность обработки на вакууматоре, мин
			после вакуумирования		
			SiCa	FeTi	
Ti	17	0,82	120	651	56
Ti+V	16	0,98	126	902	58
V	18	0,93	148	-	53

Таблица 7 – Химический состав стали после обработки на ковшевом вакууматоре, %

тип модифи- катора	Химический состав стали после вакуумирования										
	C	Si	Mn	P	S	Cr	V	Ca	Al	N	Ti
Ti	0,33	0,30	1,39	0,010	0,011	0,08	-	0,0028	0,033	0,0086	0,027
Ti+V	0,35	0,33	1,39	0,009	0,010	0,06	0,066	0,0032	0,032	0,0082	0,040
V	0,33	0,31	1,38	0,010	0,008	0,10	0,086	0,0036	0,036	0,0071	-

Таблица 8 – Параметры разлива на МНЛЗ

тип модифи- катора	Темпера- тура пром. ковша, °C	Темпера- тура ликвидуса, °C	сечение заготовки D, мм	Температура металла в промковше, °C			время разливки, мин
				начало разливки	конец разливки	ср.перегрев металла, над t° ликвидус, °C	
Ti	1200	1497	210	1525	1523	27	93
Ti+V	1178	1497	210	1521	1515	21	83
V	1212	1498	210	1524	1516	22	86

Таблица 9 – Химический состав стали, %

тип модифи- катора	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Al	Cu	Ti	Mo	V
Ti	0,34	0,31	1,37	0,010	0,009	0,10	0,12	0,028	0,17	0,028	0,018	0,001
Ti+V	0,34	0,32	1,38	0,010	0,007	0,12	0,11	0,029	0,14	0,0034	0,017	0,086
V	0,34	0,33	1,40	0,009	0,010	0,09	0,13	0,027	0,16	0,049	0,02	0,072

Таблица 10 – Описание макроструктуры заготовок

Тип модифи- катора	Заключение лаборатории				Анализ макроструктуры, балл			
	СТО 007- 2009	№ R	№ заг	ЦП. До 4/ до 3	ОХН. До 3	ЛПТ		КТЗ. До 2
						по сеч-ю до 2	Осевые до 3/до 2	
Ti	соотв	2	11	0	1,5	1	0,5	0
Ti+V	соотв	3	10	3	1,5	0,5	1	0,5
V	соотв	1	12	3	1,5	0	1	0,5

Анализ макроструктуры НЛЗ показывает, что все заготовки соответствуют СТО 007-2009, при этом значение ОХН (1,5 балла) имеет одинаковое значение для всех образцов НЛЗ, ЛПТ по сечению заготовки имеет наименьшее значение (0 баллов) для НЛЗ модифицированной ванадием (наибольшее (1 балл) для НЛЗ модифицированной титаном), осевые ЛПТ имеют значение 1 балл для НЛЗ модифицированной как ванадием, так и комплексом Ti+V (для НЛЗ модифицированной Ti значение 0,5 балла), значение КТЗ имеют значение 0,5 балла для НЛЗ модифицированной как ванадием, так и комплексом Ti+V (для НЛЗ модифицированной Ti значение 0 балла).

Таким образом, анализ микроструктуры НЛЗ показывает, что НЛЗ из стали модифицированной ванадием имеет более мелкое и равномерное зерно феррита и перлита по сечению заготовки по сравнению с другими НЛЗ.

Выводы

1 Проведены экспериментальные исследования по выплавке низколегированной стали типа 35Г2 с применением в качестве модификаторов Ti, V и комплекса Ti+V.

2 Анализ макроструктуры непрерывнолитых заготовок показал, что все заготовки соответствуют СТО 007-2009, при этом значение ОХН (1,5 балла) имеет одинаковое значение для всех образцов НЛЗ, ЛПТ по сечению заготовки имеет наименьшее значение (0 баллов) для НЛЗ модифицированной ванадием (наибольшее (1 балл) для НЛЗ модифицированной титаном), осевые ЛПТ имеют значение 1 балл для НЛЗ модифицированной как ванадием, так и комплексом Ti+V (для НЛЗ модифицированной Ti значение 0,5 балла), значение КТЗ имеют значение 0,5 балла для НЛЗ модифицированной как ванадием, так и комплексом Ti+V (для НЛЗ модифицированной Ti значение 0 балла).

3 Таким образом, можно сделать выводы, что наиболее приемлемым модификатором для производства НЛЗ из низколегированной стали типа 35Г2 является ванадий. Количество присаживаемого ванадия составляет 0,5 кг/тонну стали.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Сержанов Р. И., Богомолов А. В., Быков П. О., Ыксан Ж. М.** Повышение качества непрерывнолитых заготовок и термоупрочненного сортового проката / монография под общей редакцией Р. И. Сержанова. – Павлодар : Кереку, 2011. – 258 с.

2 **Данченко В. Н.** Технология трубного производства. – М. : Интерметинжиниринг, 2002. – 640 с.

3 **Голубцов В. А.** Теория и практика введения добавок в сталь вне печи. – Челябинск, 2006. – 423 с.

4 **Быков П. О.** Совершенствование процессов выплавки стали и производства катанных помольных шаров в условиях электросталеплавильного производства Республики Казахстан : монография. – Павлодар : ПГУ имени С. Торайгырова, 2018. – 163 с.

5 **Chaikin V. A., Chaikin A. V., Bykov P. O., Kasimgazinov A. D.** The new material for steel diffusive deoxidizing in the unit for complex steel treatment // *Chernye Metally*. – 2018. – №9 – P. 10–15.

6 **Bykov P. O., Tussupbekova M. Z., Absolyamova D. R.** Research of the Process of Production of Steel Square Continuous Billets for Rolling Balls of Large Diameter // *Defect and Diffusion Forum*. – 2021. – 410DDF. – P. 330–335.

7 **Kanaev A. T., Bykov P. O., Bogomolov A. V., Reshotkina E. N.** Reducing the Central Porosity of Continuous-Cast Billet by Modification of the Solidification Process. // *Steel in Translation*. – 2012. – № 8. – Vol. 42 – P. 643–645.

8 **Spanov S. S., Zhunusov A. K., Tolymbekova L. B.** Pilot Plant Melting of Steel Using Ferro-Silico-Aluminum at KSP Steel // *Metallurgist*, 2017. – 60(11-12). P. 1149–1154.

9 **Umanskii A. A., Dumova L. V.** Influence of Electrosmelting Conditions on Rail Quality and Production Costs // *Steel in Translation*. – 48(11). – 2018. P. 712-717.

10 **Chubukov M. Y., Rutskiy D. V., Uskov D. P.** Analyzing the features of non-metallic inclusion distribution in Ø410 mm continuously cast billets of low carbon steel grades // *Materials Science Forum*. – 973 MSF. – 2019. P. 21–25.

REFERENCES

1 **Serzhanov R. I., Bogomolov A.V., Bykov P.O., Yksan Zh. M.** Povyshenie kachestva nepreryvnolityh zagotovok I termouprochnenogo sortovogo prokata / monografia pod obshey redakciey R. I. Serzhanova. – Pavlodar : Kereku, 2011. – 258 p.

2 **Danchenko V. N.** Tehnologiya trubnogo proizvodstva. – M. : Internet Inzhiniring, 2002. – 640 p.

3 **Golubtcov V. A.** Teoria I praktika vvedeniya dobavok v stal vne pechi. – Chelyabinsk, 2006. – 423 p.

4 **Bykov P. O.** Sovershenstvovanie procesov vyplavki stali i proizvodstva katannyh pomolnyh sharov v usloviyah elektrostaleplavilnogo proizvodstva Respubliki Kazakhstan : monografia. – Pavlodar : PGU imeni S. Toraighyrov, 2018. – 163 p.

5 **Chaikin V. A., Chaikin A. V., Bykov P. O., Kasimgazinov A. D.** The new material for steel diffusive deoxidizing in the unit for complex steel treatment // *Chernye Metally*, 2018.– № 9. – P. 10–15.

6 **Bykov P. O., Tussupbekova M. Z., Absolyamova D. R.** Research of the Process of Production of Steel Square Continuous Billets for Rolling Balls of Large Diameter // *Defect and Diffusion Forum*, 2021. – 410DDF. – P. 330–335.

7 **Kanaev A. T., Bykov P. O., Bogomolov A. V., Reshotkina E. N.** Reducing the Central Porosity of Continuous-Cast Billet by Modification of the Solidification Process. // *Steel in Translation*. – 2012. – № 8. – Vol. 42 – P. 643–645.

8 **Spanov S. S., Zhunusov A. K., Tolymbekova L. B.** Pilot Plant Melting of Steel Using Ferro-Silico-Aluminum at KSP Steel // *Metallurgist*. – 2017. – 60(11-12). P. 1149–1154.

9 Umanskii A. A., Dumova L. V. Influence of Electrosmelting Conditions on Rail Quality and Production Costs // Steel in Translation. – 48(11). – 2018. P. 712–717.

10 Chubukov M. Y., Rutskiy D. V., Uskov D. P. Analyzing the features of non-metallic inclusion distribution in Ø410 mm continuously cast billets of low carbon steel grades // Materials Science Forum. – 973 MSF. – 2019. P. 21–25.

Материал поступил в редакцию 17.03.22.

***П. О. Быков¹, М. Ж. Тусипбекова², Д. Р. Абсолямова³, И. Э. Дейграф⁴**

^{1,2,3,4}Торайғыров университеті,

Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Материал баспаға 17.03.22 түсті.

ЖІКСІЗ ҚҰБЫРЛАРДЫ ӨНДІРУ ҮШІН БОЛАТТЫ МОДИФИКАЦИЯЛАУ

Жұмыста термиялық беріктендірудің одан әрі процесін болдырмау үшін Е беріктік тобының жіксіз құбырларын өндіру үшін мұнай сортының ванадий төмен легіріленген болатты модификациялау технологиясы зерттелді.

Тәжірибелік жолмен 35Mn2 типті төмен легіріленген болатты ванадиймен модификациялау догалы неште бір илақты процесспен балқыту кезінде, Шелек неші мен Шелек вакууматорында үздіксіз құйылған дайындамалардың макро-және микроқұрылымы бойынша титанмен немесе титан-ванадий кешенімен салыстырғанда негүрлым оңтайлы болып табылатыны анықталды.

Салыстырмалы талдау ҮҚД макроқұрылымы (ванадиймен, титанмен және титан-ванадий кешенімен модификациялау) СТО 007-2009 сәйкес келетінін көрсетті, бұл ретте химиялық біртексіздігінің освой мәні (1,5 балл) барлық ҮҚД үлгілері үшін бірдей мәнге ие, дайындаманың қимасы бойынша ликвациялық жолақтар жарықтары модификацияланған ванадий ҮҚД үшін ең төменгі мәнге (0 балл) ие (модификацияланған титанмен ҮҚД үшін ең жоғары (1 балл), осьтік ликвациялық жолақтар мен жарықтар ванадиймен де, $ti+V$ кешенімен де модификацияланған НЛЗ үшін 1 балл мәні бар (модификацияланған Ti НЛЗ үшін 0,5 балл мәні бар), шеткі нүктелік ластануының мәні 0,5 балл мәні бар.

Кілтті сөздер: Болат, үздіксіз құйылған дайындама, модификатор, ванадий, жіксіз құбыр.

***P. O. Bykov¹, M. Zh. Tussupbekova², D. R. Absolyamova³, I. E. Deygraf⁴**

^{1,2,3,4}Toraighyrov University,

Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Material received on 17.03.22.

MODIFICATION OF STEEL FOR THE PRODUCTION OF SEAMLESS PIPES

The paper studies the technology of modifying low-alloy steel with vanadium of oil grade for the production of seamless pipes of strength group E in order to exclude the further process of thermal hardening.

It has been experimentally revealed that the modification of low-alloy steel type 35G2 with vanadium during smelting by a single-slag process in an arc furnace with finishing on a ladle-furnace unit and a ladle degasser is the most optimal in comparison with titanium or a titanium-vanadium complex in terms of the macro- and microstructure of continuously cast billets (CWB) .

Comparative analysis showed that the macrostructure of the CWB (modification with vanadium, titanium and titanium-vanadium complex) correspond to STO 007-2009, while the value of the basic chemical inhomogeneity of the OHN (1.5 points) has the same value for all samples of the CWB, liquation stripes and cracks of the LPT across the workpiece section has the lowest value (0 points) for CW modified with vanadium (the highest (1 point) for CW modified with titanium), axial LPT have a value of 1 point for CW modified with both vanadium and the Ti + V complex (for CW modified with Ti, the value 0.5 points), the value of the edge point contamination of CTZ has a value of 0.5 points for the CW modified with both vanadium and the Ti + V complex (for the CW modified with Ti, the value is 0 points).

Keywords: steel, continuously cast billet, modifier, vanadium, seamless pipe.

Теруге 17.03.22 ж. жіберілді. Басуға 27.03.22 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

15 Мб RAM

Шартты баспа табағы 14,5. Таралымы 300 дана.

Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: Е. Е. Калихан

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3952

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов көш., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz

<https://vestnik.tou.edu.kz/>

<http://stk.tou.edu.kz/>