

**ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА**

**ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ
МЕН ТЕХНИКАСЫ**

2001 ЖЫЛДАН БАСТАП ШЫҒАДЫ



**НАУКА И ТЕХНИКА
КАЗАХСТАНА**

ИЗДАЕТСЯ С 2001 ГОДА

ISSN 2788-8770

№ 2 (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/UIQR5237>

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);
Богомолов Алексей Витальевич – к.т.н., ассоц. профессор (Павлодар, Казахстан);
Кажыбаева Галия Тулеуевна – к.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);

Зарубежные члены редакционной коллегии:

Waigang Sun – профессор (Пекин, Китай);
Gabriele Comodi – PhD, профессор (Анкона, Италия);
Jianhui Zhao – профессор (Харбин, Китай);
Khamid Mahkamov – д.т.н., профессор (Ньюкасл, Великобритания);
Magin Laruerta – 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

МЕТАЛЛУРГИЯ

МРНТИ 53.49.21:53.47.29

<https://doi.org/10.48081/IWEP9622>**А. Н. Жакупов¹, *А. В. Богомолов², А. Т. Жакупова³**^{1,2,3}Торайгыров университет,

Республика Казахстан, г. Павлодар

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ ОБСАДНЫХ ТРУБ**

Обоснована экономическая целесообразность применения термоциклической обработки обсадных труб из экономнолегированной стали 09Г2С и 13ХФА для получения группы прочности Q125 по API 5CT. Традиционно такой группы прочности достигали легированием трубных сталей одновременно хромом, молибденом, ванадием и ниобием, что значительно увеличивает себестоимость производства непрерывно-литых заготовок по сравнению со сталями 09Г2С и 13ХФА, пользующихся наибольшим спросом.

Технология термоциклической обработки с помощью четырехкратной закалки с последующим низкотемпературным отпуском из низколегированной доэвтектоидной стали позволяет добиться механических свойств на уровне группы прочности Q125 по API 5CT. Для оценки экономической эффективности приведены данные по нормируемому химическому составу и стоимости непрерывнолитых заготовок из трубных марок сталей. Также представлены сведения о механических свойствах стальных изделий при различных вариантах упрочняющей обработки. Себестоимость непрерывнолитых заготовок была рассчитана с учетом добавки микролегирующих элементов.

Приведен сравнительный анализ себестоимости изготовления высокопрочной трубы из 09Г2С и 13ХФА по предлагаемому режиму термоциклической обработки и 25ХМФБ при традиционной термической обработке. В результате расчета подтверждено, что применение термоциклической обработки для сталей 09Г2С и 13ХФА снижает себестоимость производства трубы группы прочности Q125 по API 5CT и Р по ГОСТ 632-80, 633-80 на 21,1 и 33,8 % соответственно для каждой стали по сравнению с производством высокопрочной трубы из стали 25ХМФБ.

Ключевые слова: термоциклическая обработка, сталь, микролегирование, себестоимость, механические свойства, обсадная труба.

Введение

В настоящее время на единственном Казахстанском производителе бесшовных горячекатаных труб ПФ ТОО «KSP Steel» насосно-компрессорные и обсадные трубы производятся из низкоуглеродистых легированных сталей для получения групп прочности от Д до М согласно ГОСТ 632-80, 633-80 или от J55 до P110

согласно API 5CT. Однако, согласно данных стандартов, существуют трубы более высокого класса прочности Р (Q125), которые обладают более низким удельным весом и высокими прочностными свойствами [1,2]. При существующей обстановке получение высокопрочных труб на данном предприятии до сих пор не достигнуто. В связи с этим, вопрос получения труб нефтяного сортамента максимальных групп прочности является важным для ПФ ТОО «KSP Steel».

На зарубежных трубопрокатных предприятиях, таких как ЧПТПЗ, Магнитогорский трубопрокатный завод и др. для производства высокопрочных труб применяют хромомолибденовые стали, микролегированные ванадием и ниобием [3,4]. Легирование одновременно хромом, молибденом, ванадием и ниобием значительно увеличивает себестоимость производства непрерывнолитых заготовок по сравнению со сталями 09Г2С и 13ХФА, пользующихся наибольшим спросом. При этом данные конструкционные стали 09Г2С и 13ХФА для производства высокопрочных труб в практике не применяются, ввиду того, что получение предела прочности выше 1000 МПа и текучести в интервале 1000-1018 МПа невозможно при существующих методах упрочнения (таблица 2) [5]. Кроме того, согласно [6,7] максимальные и соответствующие нормируемым показателям механических свойств для групп прочности Q125 и Р значения были достигнуты только на трубах из стали 25ХМФБ, остальные же соответствовали более низким классам прочности.

Материалы и методы исследования

В таблице 1 приведены данные по нормируемому химическому составу и стоимости непрерывнолитых заготовок из трубных марок сталей.

Таблица 1 – Стоимость непрерывнолитых заготовок из трубных марок сталей

| М а р к а стали | Химический состав, % | | | | | | | | | Средняя стоимость 1 т, тг |
|---|----------------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|---------------------------------|
| | С | Si | Mn | Cr | Mo | V | Nb | S | P | |
| 09Г2С | 0,12 | 0,53 | 1,35 | 0,03 | 0,03 | 0,005 | 0,001 | 0,005 | 0,011 | 198 000 [1] |
| 13ХФА | 0,14 | 0,22 | 0,45 | 0,5 | 0,02 | 0,055 | 0,007 | 0,007 | 0,011 | 240 000 [1] |
| 25ХМ | 0,24 | 0,23 | 0,56 | 0,92 | 0,32 | 0,001 | 0,003 | 0,002 | 0,004 | 292 000 [1] |
| 25ХМБ | 0,24 | 0,22 | 0,55 | 0,92 | 0,33 | 0,003 | 0,033 | 0,002 | 0,005 | 298 000 |
| 25ХМФ | 0,23 | 0,22 | 0,56 | 0,92 | 0,34 | 0,038 | 0,002 | 0,002 | 0,004 | 304 000 |
| 25ХМФБ | 0,23 | 0,22 | 0,55 | 0,91 | 0,31 | 0,043 | 0,032 | 0,002 | 0,005 | 310 000 |
| 0,02-0,03 % Al; 0,006-0,010 % N; остальное Fe | | | | | | | | | | |

Стоимость заготовок из стали 25ХМБ, 25ХМФ и 25ХМФБ рассчитана с учетом добавки микролегирующих элементов. При этом учитывалось по правилу аддитивности содержание химического элемента в готовой стали, содержание элемента в металле до легирования, доля элемента в ферросплаве, доля усвоения элемента в процессе выплавки стали.

В таблице 2 представлены сведения о механических свойствах стальных изделий при различных вариантах упрочняющей обработки.

Таблица 2 – Механические свойства стальных изделий при различных методах обработки

| Механические свойства | Улучшение | Микролегирование (V + Nb) | Термо-механическая обработка | Термо-циклическая обработка (по режиму) |
|-----------------------|-------------|---------------------------|------------------------------|---|
| | | | | |
| Предел прочности, МПа | 880-910 | 950-980 | 910-940 | 1000-1030 |
| Предел текучести, МПа | 740-770 | 930-960 | 890-920 | 970-1000 |
| | Сталь 13ХФА | | | |
| Предел прочности, МПа | 900-930 | 990-1020 | 960-990 | 1050-1080 |
| Предел текучести, МПа | 780-810 | 940-970 | 900-930 | 990-1020 |

Результаты и обсуждение

Добавка ниобия с целью получения процентного содержания 0,033 % в стали марки 25ХМБ согласно таблице 1 увеличивает себестоимость заготовки (при цене феррониобия 10 640 тыс.тг/т [1]) на 5480 тг на 1 т стали.

Добавка ванадия же при стоимости ферросплава в 14 560 тыс.тг [1] повышает стоимость 1 т стали 25ХМФ на 11969 тг.

Таким образом, суммарно для стали марки 25ХМФБ одновременное легирование ванадием и ниобием изменяет стоимость 1 тонны непрерывнолитой заготовки в большую сторону на 17,5 тыс. тг.

Как видно из таблицы 2, при традиционном методе упрочнения термической обработкой и с дополнительной пластической деформацией, требуемые значения механических свойств не могут быть достигнуты, в отличие от вариантов применения микролегирования ванадием и ниобием, а также термоциклической обработки. В связи с этим, для обоснования и рекомендации в производство встает вопрос выбора наиболее экономически выгодного метода упрочнения труб между этими двумя способами – термомеханической обработкой и термоциклической обработкой по предлагаемому режиму.

В таблице 3 приведен сравнительный анализ себестоимости изготовления высокопрочной трубы из 09Г2С и 13ХФА по предлагаемому режиму термоциклической обработки и 25ХМФБ при традиционной термической обработке.

Отличие технологий термической обработки труб из сталей 09Г2С и 13ХФА от труб из стали 25ХМФБ состоит в скорости нагрева и количества циклов закалки. При этом, для труб из стали 09Г2С была применена четырехкратная закалка, а для труб из стали 13ХФА – трехкратная [8–10].

При расчете количества теплоты, необходимого для нагрева одной тонны металла учитывались следующие факторы: масса нагреваемой трубы, удельная теплоемкость стали, температуры начала и конца нагрева. При нагреве до 900 °С количество теплоты составило 440000 кДж. При нагреве до 150 °С количество теплоты составило 65000 кДж.

Расчет необходимой электроэнергии на индукционный нагрев показал, что для стали 09Г2С при четырех циклах закалки общий расход составит 543,2 кВт·ч, а для 13ХФА при трех циклах закалки – 407,4 кВт·ч.

Таблица 3 – Сравнительная себестоимость изготовления 1т высокопрочной трубы

| Расходный показатель | Ед.изм | Цена за ед., тг | Количество/общая стоимость расходного показателя | | |
|-------------------------------|--------|-----------------|--|---------------|--------------|
| | | | 09Г2С | 13ХФА | 25ХМФБ |
| Непрерывнолитая заготовка | т | - | 198 000 | 240 000 | 310 000 |
| Энергозатраты на оборудование | кВт·ч | 15,14 | 120 / 1 817 | 120 / 1 817 | 120 / 1817 |
| Нагрев под закалку: | | | | | |
| - горючий газ; | л | 79,42 | - | - | 34,8 / 2 764 |
| - электроэнергия. | кВт·ч | 15,14 | 543,2 / 8 224 | 407,4 / 6 168 | - |
| Нагрев под отпуск: | | | | | |
| - горючий газ. | л | 79,42 | 5,2 / 413 | 5,2 / 413 | 5,2 / 413 |
| Итого | | | 208 454 | 248 398 | 314 994 |

Анализ данных таблицы 3 показывает, что применение термоциклической обработки для сталей 09Г2С и 13ХФА снижает себестоимость производства трубы группы прочности Q125 по АРІ 5СТ и Р по ГОСТ 632-80, 633-80 на 21,1 и 33,8 % соответственно для каждой стали по сравнению с производством высокопрочной трубы из стали 25ХМФБ.

Выводы

Таким образом, применение термоциклической обработки для сталей 09Г2С и 13ХФА снижает себестоимость производства трубы группы прочности Q125 по АРІ 5СТ и Р по ГОСТ 632-80, 633-80 по сравнению с производством высокопрочной трубы из стали 25ХМФБ. Следовательно, данные марки трубных сталей после термоциклической обработки экономически выгодно использовать для повышения эффективности производства высокопрочных труб.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Металлургический бюллетень / Информационно-аналитический журнал [Электронный ресурс]. – <https://www.metalbulletin.ru>.

2 **Iyengar, S.** Heat Treatment of Low-Alloyed Steel up to Grade Q125 / Iyengar S., Bogomolov A.V., Zhakupov A.N. [Text] // Solid State Phenomena. – 2017. – Vol. 265. – P. 981–987.

3 **Ануфриев, Н. П.** Разработка экономнолегированных хромомолибденовых сталей для производства обсадных труб высоких групп прочности / Н. П. Ануфриев, К. А. Лаев, А. А. Есаулков [Текст] // Металловедение и термическая обработка. – № 7. – 2014. – С. 253–254.

4 **Ануфриев, Н. П.** Разработка химического состава стали и режимов термической обработки для производства обсадных труб группы прочности Q125 в хладостойком исполнении / Н. П. Ануфриев [Текст] // Металловедение и термическая обработка. – № 3. – 2016. – С. 174–175.

5 **Полехина, Н. А.** Механизмы упрочнения 12 %-ных хромистых ферритно-мартенситных сталей в зависимости от режима их термической обработки / Н. А. Полехина, И. Ю. Литовченко, Д. А. Кравченко, А. Н. Тюменцев [Текст] // Вестник Тамбовского университета. Серия : естественные и технические науки. – № 3 (21). – 2016. – С. 1246–1249.

6 **Усков, Д. П.** Влияние легирования на свойства высокоотпущенных сталей, применяемых для производства обсадных труб / Д. П. Усков, И. Ю. Пышминцев, А. Н. Мальцева, М. А. Смирнов, Ю. Н. Гойхенберг, Е. А. Тарасова [Текст] // Металловедение и термическая обработка. – № 7. – 2017. – С. 41–46.

7 **Чернов, В. М.** Термическая стабильность микроструктуры 12 %-ных хромистых ферритно-мартенситных сталей в процессе длительного старения при высоких температурах / В. М. Чернов, М. В. Леонтьева-Смирнова, Е. М. Можанов, Н. С. Николаева [Текст] // Журнал технической физики. – 2016. – Т. 86. – № 2. – С. 53–58.

8 **Гребенков, С. К.** Деформационное упрочнение и структура термоупрочненных низкоуглеродистых мартенситных сталей : дисс. канд. техн. наук [Текст] // Пермь, 2014. – 167 с.

9 **Смирнов, М. А.** Влияние структуры на деформационное старение низкоуглеродистой стали / М. А. Смирнов, И. Ю. Пушминцев, О. В. Барнак и А. Н. Мальцева [Текст] // Деформация и разрушение материалов. – 2014. – № 8. – С. 9–15.

10 **Жакупов, А. Н.** Non-destructive method for determining the mechanical properties of rolled steel / А. Н. Жакупов, А. В. Богомолов, А. Т. Жакупова [Текст] // Наука и техника Казахстана. – 2021. – № 3. – С. 44–49.

REFERENCES

1 Metallurgical Bulletin / Information and analytical journal [Electronic resource]. – <https://www.metalbulletin.ru>.

2 **Iyengar, S.** Heat Treatment of Low-Alloyed Steel up to Grade Q125 / Iyengar S., Bogomolov A. V., Zhakupov A. N. [Text] // Solid State Phenomena. – 2017. – Vol. 265. – P. 981–987.

3 **Anufriev, N. P.** Razrabotka e`konomnolegировanny`x xromomolibdenovy`x stalej dlya proizvodstva obsadny`x trub vy`sokix grupp prochnosti [Development of economically alloyed chromium-molybdenum steels for the production of high strength groups casing pipes] / N. P. Anufriev, K. A. Laev, A. A. Esaulkov [Text] // Metal Science and Heat Treatment. – No. 7. – 2014. – P. 253–254.

4 **Anufriev, N. P.** Razrabotka e`konomnolegировanny`x xromomolibdenovy`x stalej dlya proizvodstva obsadny`x trub vy`sokix grupp prochnosti [Development of the steel chemical composition and heat treatment modes for the casing pipes production of strength group Q125 in cold-resistant design] / N. P. Anufriev [Text] // Metal Science and Heat Treatment. – No. 3. – 2016. – P. 174–175.

5 **Polekhina, N. A.** Strengthening mechanisms of 12 % Cr ferritic-martensitic steels depending on the heat treatment mode / N. A. Polekhina, I. Yh. Litovchenko, D. A. Kravchenko, A. N. Tyumentsev [Text] // Vestnik tambovskogo universiteta. seriya : yestestvennyye i tekhnicheskiye nauki. – No. 3 (21). – 2016. – P. 1246–1249.

6 **Uskov, D. P.** Vliyanie legirovaniya na svoystva vy`sokootpushhenny`x stalej, primenyaemy`x dlya proizvodstva obsadny`x trub [The effect of alloying on the high-strength steels properties used for the casing pipes production] / D. P. Uskov, I. Yu. Py`shminceev, A. N. Mal`ceva, M. A. Smirnov, Yu. N. Gojxenber, E. A. Tarasova [Text] // Metal Science and Heat Treatment. – No. 1. – 2017. – P. 41–46.

7 **Chernov, V. M.** Thermal stability of the microstructure of 12 % chromium ferritic-martensitic steels after long-term aging at high temperatures / V. M. Chernov, M. V. Leont`eva-Smirnova, E. M. Mozhanov, N. S. Nikolaeva [Text] // Technical Physics. – V. 61. – No 2. – 2016. – P. 209–214.

8 **Grebenkov, S. K.** Deformatsionnoye uprochneniye i struktura termouprochnyonnykh nizkouglerodistykh martensitnykh staley [Deformation strengthening and structure of heat-treated low-alloyed martensite steels] / S. K. Grebenkov [Text] : Dis.of PhD in Engineering Sciences. – Perm, 2014. – 167p.

9 **Smirnov, M. A.** Vliyaniye struktury na deformatsionnoye stareniye nizkouglerodisty stali [Influence structure on stress aging of low-alloyed steel]/ M. A. Smirnov, I. Yu. Pyshmintsev, O. V. Barnak, A. N. Maltseva [Text] // Deformation and rupture of materials [Deformatsiya i razrusheniye materialov]. – 2014. – No. 8. – P. 9–15.

10 **Zhakupov, A. N.** Non-destructive method for determining the mechanical properties of rolled steel / A. N. Zhakupov, A. V. Bogomolov, A. T. Zhakupova [Text] // Science and technology of Kazakhstan. – 2021. – No. 3. – P. 44–49.

Материал поступил в редакцию 06.06.22.

*A. N. Zhakupov¹, *A. V. Bogomolov², A. T. Zhakupova³*

^{1,2,3}Торайғыров университеті,

Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Материал 06.06.22 баспаға түсті.

ҚҰБЫРЛАРДЫ БЕКЕМДЕУ ҮШІН ТЕРМОЦИКЛІК ӨНДЕУДІҢ ТИІМДІЛІГІ

API 5CT бойынша Q125 беріктік тобын алу үшін 09Г2С және 13ХФА аз легіріленген болаттан жасалған қаптама құбырларының термиялық циклдік өңдеуін қолданудың экономикалық орындылығы негізделген. Дәстүрлі түрде бұл беріктік тобына құбырлы болаттарды хром, молибден, ванадий және ниобиймен бір мезгілде легирлеу арқылы қол жеткізілді, бұл ең үлкен сұранысқа ие 09Г2С және 13ХФА болаттармен салыстырғанда үздіксіз құйылатын дайындамаларды өндіру құнын айтарлықтай арттырады.

Төмен легіріленген гипоэвтектоидты болаттан төмен температурада шынықтыру арқылы төрт еселік шыңдауды қолданатын термиялық цикл технологиясы API 5CT бойынша Q125 сапа тобы деңгейінде механикалық

қасиеттерге қол жеткізуге мүмкіндік береді. Экономикалық тиімділікті бағалау үшін нормаланған химиялық құрамы және құбыр болат маркаларынан үздіксіз құйылған дайындаманың құны туралы мәліметтер келтірілген. Сондай-ақ, қатайтуды өңдеудің әртүрлі нұсқалары бар болаттан жасалған бұйымдардың механикалық қасиеттері туралы ақпарат береді. Үздіксіз құйылатын дайындаманың құны микроқорытпа элементтерді қосуды ескере отырып есептелді. Дәстүрлі термиялық өңдеу кезінде ұсынылған термиялық цикл және 25ХМФБ режиміне сәйкес 09Г2С және 13ХФА-дан жоғары берік құбырды дайындау құнының салыстырмалы талдауы келтірілген. Есептеу нәтижесінде 09Г2С және 13ХФА болаттар үшін термиялық циклді өңдеуді қолдану API 5CT және R бойынша ГОСТ 632-80, 633-80 бойынша Q125 беріктік тобындағы құбырларды өндіру құнын төмендететіні расталды. 25ХМФБ болаттан жасалған беріктігі жоғары құбырларды өндірумен салыстырғанда әрбір болат үшін сәйкесінше 21,1 және 33,8 %.

Кілтті сөздер: термоциклді өңдеу, болат, микроқорытпа, бастанқы құн, механикалық қасиеттері, құбыр.

A. N. Zhakupov¹, *A. V. Bogomolov², A. T. Zhakupova³

^{1,2,3}Toraighyrov University,

Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Material received on 06.06.22.

EFFICIENCY OF THERMOCYCLIC TREATMENT FOR CASING PIPES HARDENING

The economic feasibility of using casing pipes thermocyclic treatment made of economically alloyed steel 09Mn2Si and 13CrV to obtain strength group Q125 according to API 5CT is substantiated. Traditionally, such strength groups achieved by alloying pipe steels simultaneously with chromium, molybdenum, vanadium and niobium. This significantly increases the cost of production of continuously cast blanks compared to steels 09Mn2Si and 13CrV.

The technology of thermocyclic four-fold quenching followed by low-temperature tempering of low-alloy pre-eutectoid steel allows to achieve mechanical properties at the level of strength group Q125 according to API 5CT. To assess economic efficiency, data on the normalized chemical composition and cost of continuously cast billets from pipe grades of steel given. Information on the mechanical properties of steel products in various variants of hardening treatment also presented. The cost of continuously cast blanks was taking into account the addition of micro-alloying elements calculated.

A comparative analysis of the cost of manufacturing a high-strength pipe from 09Mn2Si and 13CrV according to the proposed mode of thermocyclic treatment and 25CrMoVNb with traditional heat treatment is given. Because of the calculation, it was that the use of thermocyclic treatment for 09G2C and 13XFA steels reduces the cost of production of Q125 strength group pipes according to API 5CT and R according to GOST 632-80, 633-80 by 21.1 and 33.8 %, respectively confirmed.

Keywords: thermocyclic treatment, steel, microalloying, cost, mechanical properties, casing pipe.

Теруге 06.06.22 ж. жіберілді. Басуға 30.06.22 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

8,9 Мб RAM

Шартты баспа табағы 12,4. Таралымы 300 дана.

Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: З. С. Искакова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3964

«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/>