

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(Национальный исследовательский университет)
Факультет «Заочный»
Кафедра «Материаловедение и физико-химия материалов»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент, начальник лаборатории ЦЛК

_____ (В.М. Чижов)

_____ 2020 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

_____ (Д.А. Винник)

_____ 2020г.

Корректировка режимов термообработки листового проката стали 12Г2СБ с целью обеспечения требуемого комплекса свойств

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ ЮУрГУ–
22.04.02.2020.538.ПЗ ВКР

Руководитель работы, д. т. н.
профессор

_____ (Ю.Д. Корягин)

_____ 2020 г.

Автор проекта
студент группы ПЗ - 343

_____ (А.В. Нечетова)

_____ 2020г.

Нормоконтролер, , д. т. н.
профессор

_____ (Ю.Д. Корягин)

_____ 2020 г.

Челябинск 2020 г.

РЕФЕРАТ

Нечетова А. В. Корректировка режимов термообработки листового проката стали 12Г2СБ с целью обеспечения требуемого комплекса свойств.– Челябинск: ЮУрГУ, ПЗ – 343м, 75 с., 10 табл., 23 ил., библиогр. список 18 наим., 1 прил

Трубная заготовка, хладостойкость, карбонитридное упрочнение, прокатка, термическая обработка.

Объектом исследования является листовой прокат стали 12Г2СБ.

Цель работы – корректировка режимов термообработки листового проката стали 12Г2СБ с неудовлетворительным уровнем механических, вязких и технологических свойств после контролируемой прокатки контролируемой прокатки с ускоренным охлаждением.

Область применения – получение трубной заготовки.

В результате исследований была дана оценка эффективности различных методов термообработки по исправлению свойств трубной заготовки.

					22.04.02.2020.538. ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Корректировка режимов термообработки листового проката стали 12Г2СБ с целью обеспечения требуемого комплекса свойств	Лит.	Лист	Листов
Разраб.	Нечетова А.В						6	75
Провер.	Корягин Ю.Д.							
Реценз.	Чижов В.М							
Н. Контр.	Корягин Ю.Д.							
Утверд.								
						ЮУрГУ Кафедра МиФХМ		

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	9
ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	10
1. 1 Требования к трубным заготовкам и трубной стали	10
1.2 Механизмы упрочнения и их влияние на хладостойкость трубных сталей.....	12
1.3 Влияние основных легирующих элементов и вредных примесей на прочностные свойства и хладостойкость стали	14
1.4 Влияние микроструктуры листового проката на прочностные свойства и хладостойкость стали.....	24
1.5 Термическая обработка листового проката	26
2 МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ	35
3 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ОТБОРУ ПРОБ, ЗАГОТОВОК	55
4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	66
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	71
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	72
ПРИЛОЖЕНИЕ А	74

ВВЕДЕНИЕ

Сталь является важнейшим конструкционным материалом для машиностроения, транспорта, строительства и прочих отраслей народного хозяйства [1]. В последние 10 – 25 лет требования новых отраслей техники к качеству стали, многих марок, резко возросли и продолжают возрастать. Поэтому одной из наиболее актуальных задач, которые нужно решить металлургам, является улучшение качества выпускаемой продукции.

К качеству трубной стали предъявляются всё более жёсткие требования по комплексу механических свойств, определяющих надежность трубных заготовок. Решение этой проблемы основывается на внедрении новых технологических процессов. Для повышения качества трубной стали необходимо, чтобы металл удовлетворял самым жестким требованиям потребителя, выдерживал самые тяжелые нагрузки и обладал необходимым комплексом свойств, для использования его в самых разных отраслях промышленности.

Улучшение качества металлургической продукции дает возможность получать экономию денежных средств и металла, а также повысить надежность и долговечность работы выпускаемой продукции. Поэтому требования к уровню и стабильности свойств стали постоянно растут.

В нынешнее время существует множество металлургических заводов, которые выпускают огромный ассортимент труб, отличающиеся по своей долговечности, надежности, химическому составу, уровню механических свойств в процессе их эксплуатации. Из основных стратегических целей в развитии АО «Уральская Сталь», является внедрение и освоение новой технологии выплавки, направленной на расширение сортамента производимой металлопродукции, обеспечивающей получение чистой, и высококачественной стали, конкурентоспособной как по эксплуатационным и техническим характеристикам, так и по стоимости, и завоевание рынка.

ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1. 1 Требования к трубным заготовкам и трубной стали

Трубы из стали в ряде областей выполняют функцию конструкционных и декоративных элементов. В быту из них собирают системы водоснабжения и отопления. Продукция обладает высокими физическими характеристиками, выдерживает значительные эксплуатационные нагрузки и надежно служит в течение многих лет.

При изготовлении стальных труб в промышленном производстве используют такие виды сырья, как:

- углеродистая сталь – для электросварных универсальных труб общего назначения;
- сталь – для изготовления горячекатаных труб без шва;
- коррозионностойкая сталь – для труб, востребованных в энергетике и химической промышленности.

Низколегированные виды стали имеют хорошие механические свойства и доступную цену. Легирующие добавки позитивно влияют на физические характеристики стали, улучшают вязкость и пластичность, делают материал более прочным и стойким к высоким температурам и атмосферным коррозионным проявлениям.

Однако стоимость легированной стали несколько выше и трубы, сделанные из нее, всегда ценятся немного дороже. По уровню легированности сталь делится на три класса. Низколегированный материал в составе содержит не более 2,5% различных добавок. В среднелегированных видах этот показатель колеблется в пределах 2,5 – 10%. В высоколегированных сортах количество компонентов, улучшающих базовые свойства металла, составляет от 10 до 50%.

Трубы из стали делают несколькими способами.

Самыми распространенными вариантами изготовления являются:

- электросварный с прямым швом;
- электросварный со спиральным швом;
- горячедеформированный без шва;
- холоднокатаный без шва.

Выбор подходящего способа обработки металла зависит от качества сырья и оборудования, имеющегося в наличии у производителя.

Трубная сталь, которая изготавливается в соответствии с необходимыми требованиями стандарта и по технологическим регламентам, приветствуется утвержденным в установленном порядке стандарте.

На наружной и внутренней поверхности используемых труб и муфт не должно быть плен, раковин, закатов, расслоений, трещин и песочин, которые совершенно негативно сказываются негативно на качестве выпускаемой продукции [5].

Допускается вырубка и зачистка указанных дефектов при условии, что их глубина не превышает предельного минусового отклонения по толщине стенки. Заварка, заделка дефектных мест не допускается.

В местах, где толщина стенки может быть измерена непосредственно, глубина дефектных мест может превышать указанную величину при условии сохранения минимальной толщины стенки, определяемой как разность между номинальной толщиной стенки трубы и предельным для нее минусовым отклонением.

Допускаются отдельные незначительные забоины, вмятины, риски, тонкий слой окалины и другие дефекты, обусловленные способом производства, если они не выводят толщину стенки за пределы минусовых отклонений.

Для повышения качества трубной стали необходимо, чтобы металл удовлетворял самым жестким требованиям потребителя, выдерживал самые тяжелые нагрузки и обладал необходимым комплексом свойств, для использования его в самых разных отраслях промышленности. Механические свойства (предел текучести, предел прочности при растяжении, относительное

удлинение при разрыве) должны соответствовать значениям в соответствии с требованиями стандарта и по технологическим регламентам, утвержденным в установленном порядке. Для большинства трубных заготовок основным критерием является хладостойкость.

1.2 Механизмы упрочнения и их влияние на хладостойкость трубных сталей

Производство листового проката, которое изготавливается из низколегированной стали, предназначено для изготовления сварных труб, оно также подразумевает использование различных механизмов упрочнения и соответственный подход к разработке композиции химического состава, который в нашу очередь повышает качество в продукции и технологии новых трубных сталей. Используются новые технологии и некоторые принципы механизмов упрочнения. Такие как:

- легирование твердого раствора, который применяется с элементами замещения или внедрения новых композитов;

- измельчение основных единиц применяемой микроструктуры, которые являются эффективными препятствиями приближительному движению дислокаций, и их возможная блокировка атомами тех примесей или выделениями второй фазы готовой продукции. Дисперсное образование в применяемой области и более однородное строение той структуры позволяет увеличить пластичность стали и ее возможное сопротивление разрушению. Это достигается получением мелкозернистости стали, её субструктуры и уменьшением содержания тех нежелательных примесей, которые склонны к образованию сегрегаций по границам зерен и их полной совокупности [9].

Также возможные некоторые способы упрочнения получаемой стали с учетом ее структурного и возможного состояния научно обосновывает теория применяемых дислокаций. Структурное состояние обуславливает планируемую

способность стали сопротивляться её пластической деформации и разрушению, которой она может подвергаться. Уменьшение подвижности дислокаций может быть вызвано различными причинами возникновения дислокаций, такими как: повышение сил применяемой связи в самой применяемой кристаллической решетке, тем препятствием со стороны других обусловленных дислокаций, блокировке атомов и примесей или дисперсными однородно-твердыми включениями, наличием применяемых границ между существующими кристаллами и блоками включений [10].

Сопротивление, которые возможны их хрупкому разрушению являются очень важной характеристикой применяемой стали, по которой оценивается ее способность оказывать возможное сопротивление динамическим, применяемым полноценным нагрузкам, которые применяются в данных условиях пониженных температур, возможной эксплуатации и при наличии концентраторов применяемого напряжения. Известно, что возможное разрушение в металле может быть достаточно хрупким, вязким и смешанным. Наиболее неблагоприятным и опасным видом разрушения является хрупкий вид металла. На сопротивление применяемой стали хрупкому разрушению, как и на прочностные необходимые в опыте свойства, влияют одни и те же структурные факторы: состояние того самого - твердого раствора, размер зерна, его дисперсионное упрочнение, плотность полученных дислокаций, субструктура образований. В качестве применяемого критерия сопротивления хрупкому разрушению служит та самая переходная температура, соответствующая необходимому наличию в изломе определенного количества вязкой составляющей стали (T_{50} В.С.) [10].

Для повышения качества трубной стали необходимо, чтобы металл удовлетворял самым жестким требованиям потребителя, выдерживал самые тяжелые нагрузки и обладал необходимым комплексом свойств, для использования его в самых разных отраслях промышленности.

1.3 Влияние основных легирующих элементов и вредных примесей на прочностные свойства и хладостойкость стали

На хладостойкость стали влияют многие и основные легирующие элементы и вредные примеси, возможно такие как углерод, при повышенном содержании он является одним из самых всевозможных и дешёвых способов повышения прочностных свойств получения нужной стали.

Однако необходимое увеличение содержания углерода, которое негативно сказывается на сопротивлении возможно хрупкому разрушению и ухудшении свариваемости стали [9]. Увеличение процентного содержания углерода повышает устойчивость содержание аустенита, понижает мартенситные точки включений [11] и приводит к возрастанию необходимой объемной доли содержания перлита. Наблюдаемые изменения, которые существуют в структуре металла – приводят к описанным выше всевозможным изменениям механических свойств. Основным благоприятный и положительный момент упрочнения стали углеродом – рост состояния σ_v , опережающий рост σ_t , что связано с небольшим и возможным измельчением зерна применяемого феррита (σ_t) и максимальным увеличением объемной доли применяемого в составе перлита (σ_v). Снижение качественной доли содержания углерода позволяет изменению содержания и увеличить концентрацию марганца в составе, что благоприятно для получения необходимой составляющей бейнитной в структуре. При качественном содержании углерода ниже 0,08 – 0,09% кристаллизация полученного расплава не претерпевает полученной перитектической реакции. В данном случае полученная кристаллизация идет через δ – феррит, где применяемая диффузия элементов расплава больше, что особенно нам важно в случае высоких содержаний применяемого в составе марганца.

Кислород является вредной примесью в стали, так как с увеличением его содержания понижаются ее пластические свойства.

На рисунке 1 приведена зависимость между содержанием кислорода в стали и ее механическими свойствами. Сталь с повышенным содержанием кислорода становится при низких температурах хрупкой. Кислород сообщает стали красноломкость подобно сере. Обычно кислород содержится в стали в виде окислов, т. е. в виде неметаллических включений. Кислород понижает растворимость сернистого железа и тем самым усиливает влияние серы, так как FeS выделяется из раствора с образованием вокруг зерен стали легкоплавкой серной оболочки. Кислород вместе с серой повышает склонность литой стали к образованию горячих трещин, снижая и без того малую прочность ее при температурах 1400 – 1380 °С.

Водород относится к тем элементам, присутствие которых в стали нежелательно. Растворенный или диффузный водород снижает силы связи между атомами железа и ведет к снижению напряжения хрупкого разрушения. Это способствует образованию и росту трещин прежде всего в самых высокопрочных сортах стали. Даже молекулярно выделяемый в стали водород вызывает в стали

повреждения. Рекомбинация растворенного водорода в молекулярных газовых пузырьках, а также их осаждение в микропорах может после пластической деформации привести к хлопьеобразованию [4].

Водород относится к вредным примесям стали, с повышением содержания водорода резко снижаются пластические свойства стали при незначительном улучшении прочности (в соответствии с рисунком 2).

сплошные кривые – нагревание без водорода;

пунктирные кривые – нагрев в струе водорода

Азот как газ в своем роде снижает ударную, применяемую вязкость как в зоне основного металла, так и в зоне как такового теплового воздействия, и должен удерживаться в той совокупности на довольно низком уровне. При необходимом пониженном содержании азота - увеличивается полученная растворимость существующего содержания ниобия в аустените, что приводит к необходимому увеличению предела его текучести. Положительное качество и влияние самого малого содержания азота в том, что он существует повсеместно с микролегирующими, существующими элементами образует их карбонитриды,

которые в данном существе вносят дополнительный вклад в упрочнение получаемой стали [11].

Азот повышает твердость и прочность стали и одновременно понижает ее пластичность. Эти зависимости приведены на рисунке 3. Азот должен быть отнесен к вредным примесям стали. Однако при соответствующем измельчении первичного зерна стали, что происходит с введением в сталь алюминия, ванадия или титана, ударная вязкость стали с повышением содержания азота повышается.

Кислород, водород и азот (за редким исключением) являются вредными примесями в стали. Образуя оксиды и нитриды, флокены эти элементы отрицательно влияют на свойства стали, а следовательно и свойства продукции изготавливаемой из этой стали. Водород снижает пластичность, увеличивает склонность к хрупкому разрушению. Азот оказывает влияние на процессы дисперсионного твердения, снижает пластичность. Оксиды неправильной формы провоцируют образование трещин при обработке металла давлением. Большое количество оксидов приводит к шиферному излому, который возникает в следствии деформации включений. Крупные окислы снижают сопротивление усталости. Оксиды влияют на контактную прочность.

В применяемых требованиях к повышенной чистоте и качеству - часто объединяют возможные ограничения по возможному содержанию серы и фосфора, которые существуют в составе однако механизм их влияния на свойства могут принципиально различаться в применении готовой продукции.

Должная очистка стали от фосфора практически вдвое усиливает должный эффект, который необходим для повышения ударной вязкости стали, полученный в результате достаточной и глубокой десульфурации. В свою очередь, дефосфорация стали максимально и эффективно улучшает комплекс механических должных свойств и уменьшает их анизотропию только при низком содержании присутствующей в составе серы (0,01%). При должном повышении прочности стали, данная чувствительность ударной вязкости к применению уровня содержания серы несколько снижается в применяемых условиях [12].

Увеличение необходимого содержания серы в металле мало на что влияет

на прочностные свойства, но существенно изменяет вязкость стали, и ее анизотропию в существующем направлении поперек и вдоль применяемой прокатки металла. Особенно сильно влияет на качество – анизотропия, которая выражена при высоких содержаниях применяемого количества серы, что показано также на рисунке 4.

Та существующая ударная вязкость на образцах, вырезанных поперек существующего направления прокатки, а именно такие образцы, которые испытывают при контроле и необходимой стабильности свойств по условленным стандартам, уменьшается с увеличением содержания применяемого в составе количества серы.

На низкоуглеродистых феррито – перлитных сталях для полноценного существования обнаружено явление, получившее название сульфидного эффекта, но так как возможно изменение сульфидного парадокса, не является стандартом. Оно объясняется тем, что повышение необходимого содержания серы снижает обусловленную ударную вязкость на поперечных образцах с необходимым и применяемым острым надрезом (KCV), то есть сопротивление, которое необходимо для стали вязкому разрушению (см. рисунок 5). Увеличение оговоренной прочности стали приводит к более существенному влиянию серы применяемой на снижение вязкости. Наиболее интенсивно приводит к понижению сопротивления вязкому разрушению при содержаниях условленному содержанию серы до 0,010% [13].

1 – отношение ударной вязкости на поперечных образцах к ударной вязкости на продольных

2 – отношение ударной вязкости на вертикальных образцах к ударной вязкости на продольных

В то же время возможное влияние существующему содержанию серы на должную температуру применяемого перехода из вязкого в хрупкое состояние, определяемое по существующему наличию 50% вязкой составляющей в получившемся изломе ударных образцов – T_{50} , то есть на сопротивление получившейся стали хрупкому разрушению, имеет экстремальный параметру

характер. Как показывают данные, которые представлены на рисунке 6, наиболее склонны к хрупкому и возможному разрушению применяемая сталь с содержанием приблизительно количество в 0,01%. При меньших и больших показателях концентрации серы температура возможного перехода T_{50} понижается относительно. Экстремальное содержание применяемого количества содержания серы в различных сталях может быть приблизительно, но разное. Таким образом, применяемый сульфидный эффект, который заключается в повышении сопротивления вязкому разрушению необходим с увеличением предельного содержания серы выше определенного предела показателей, которые возможны. Можно представить и предполагать, что сульфидный эффект, который обусловлен различным показателям и взаимодействием движущейся трещины с сульфидами в зависимости от применяемой вязкой матрицы.

Возможное влияние применяемого количества фосфора на свойства стали связано в первую и первостепенную очередь с тем, что он имеет неограниченную и покладистую растворимость в жидком состоянии железа, но плохо растворяется в твердом состоянии железа, особенно в качественном состоянии – аустените ($\alpha - \text{Fe}$). При возможной кристаллизации металла и дальнейшем охлаждении получившейся стали – фосфор выделяется в виде получившихся фосфидов, которые, имея температуру должного плавления ниже температуры кристаллизации получившейся стали и, обладая свойством смачивать получившейся металл, располагаются довольно преимущественно по границам зерен. Фосфиды, которые выделяются в межосных, образовавшихся пространствах дендритов в твердом состоянии железа при температурах 650 – 680 °С и выше – но не критическом, обладают склонностью к перераспределению и

также к переходу к границам образовавшихся зерен. В результате чего снижается пластичность получившегося металла, особенно его состояние ударной вязкости при низких температурах, т. е. получившийся в результате фосфор вызывает хладноломкость изготавливаемой стали. В связи с этим устанавливают особо строгие, максимальные пределы содержания фосфора в полученных сталях, предназначенных для работы в низкотемпературных и суровых условиях [16].

Повышенное количество содержания фосфора также ухудшает достаточную свариваемость получившейся стали. Это может привести, например, к плохому и некачественному завариванию полых пустот в получившихся слитках и литых образовавшихся в процессе заготовках при обработке давлением, в связи с чем могут принципиально увеличиваться получившиеся отходы производства (головная обрезь) от существующих слитков, наблюдаться расслой изготавливаемого металла в готовом и отгруженном прокате и т. п. Фосфор, как составляющий в составе совместно с серой и кислородом – повышает должным образом анизотропию прочностных свойств реализуемого проката: низкая прочность получившегося проката в поперечном исполнении и направлении по сравнению с прочностью в продольном направлении нежелательна для существующих емкостей, работающих под определённым давлением, например, высоко атмосферных газопроводов, где металл испытывает достаточное растяжение в основном в поперечном использовании и направлении. Сталь с высоким содержанием количества в составе фосфора обладает и так называемым состоянием – синеломкостью, т. е. хрупкостью при данных температурах 500 – 600 °С.

Кремний, как материал наиболее сильно твердый раствор упрочняется в своём составе кремнием. Предел текучести при этом возрастает на 85 Н/мм² на 1% массовой и должной доли Si, при содержании кремния, который в составе более 0,5% – после чего происходит повышение температуры вязко–хрупкого перехода т.е. получившегося состояния, наиболее максимально интенсивное охрупчивание стали наблюдается при достаточном и необходимом содержании

кремния более 1,0% [11]. Увеличение достаточного содержания в составе Si вызывает его чрезмерное твердорастворное, качественное упрочнение и усиливает действие Al, «выталкивая» таким образом азот и углерод из твердого состояния раствора.

Марганец в составе, который существенно упрочняет получаемую сталь в своем качественном исполнении, и при содержании в составе менее 1,5% упрочнение, которого первоначально достаточно - сопровождается улучшением качественного сопротивления хрупкому разрушению его составляющей.

Материалы: хром, никель и медь. В марганецсодержащей пластинчатой стали (0,2% C) содержание уровня хрома до 0,7%, никеля до 1% и меди до 0,4% слабо влияет на ее стандартные и качественные свойства и не изменяет должностного соотношения структурных характеристик и составляющих (несколько укрупняет зерно).

Для измельчения зерна используемого в составе аустенита и феррита в процессе нагрева условленного под прокатку или термическую обработку в применяемом составе ниобий является наиболее эффективным, практическом микролегирующим и необходимым элементом.

Кроме сопутствующего материала, ниобий имеет максимальный, должный эффект торможения, который рекристаллизирует аустенит при термомеханической прокатке, которая в нашем случае приводит к такому качеству измельченного зерна, которое не всегда может быть достигнуто никаким должностным процессом термической и необходимой обработки. Другие полезные, качественные эффекты ниобия: снижение получаемой температуры – случившегося превращения за счет вмняемого твердорастворного эффекта и дисперсионное необходимого упрочнение [15].

Необходимый контроль размера уровня зерна аустенита при нагреве под горячую прокатку уверенно помогает осуществлять материал - титан.

1.4 Влияние микроструктуры листового проката на прочностные свойства и хладостойкость стали

Для изготовления качественных труб используются стали трех основных вариантов, отличающихся качественной структурой и, соответственно, химическим и практикующим составом [5]:

- традиционные ферритно – перлитные стали с потенциально низким содержанием в составе перлита, для которых характерна практическая кривая растяжения с площадкой получаемой текучести;

- ферритно – перлитные стали с должностными продуктами промежуточного или мартенситного состояния - превращения (бейнит/мартенсит), имеющие более высокую прочность в итоговом исполнении;

- стали со структурой решёткой неполигонального феррита и второй фазы в виде, которого заключается состояние низкоуглеродистого бейнита или участков МА–фазы (мартенсита и остаточного аустенита), имеющие в своём составе непрерывную кривую, качественную растяжения.

Прочность данных структурных составляющих должным образом варьируется и сильно зависит от постоянного содержания углерода.

Применяемая технология производства штрипса определяется качественной микроструктурой, которую необходимо получить для обеспечения требуемых свойств металла труб и зависит от механизма удовлетворительного упрочнения, который при этом необходимо реализовать в качественном исполнении (рисунок 7) [4]. Как было отмечено выше, единственным и необходимым механизмом качественного упрочнения, улучшающим как прочностные и составляющие в своём роде свойства стали, так и ее хладостойкость, является зерно, которое граничит с упрочнением, реализуемое путем практического формирования мелкого зерна ферритной матрицы.

Повышенная, получаемая прочность и улучшенная ударная вязкость штрипса достигаются в результате качественной оптимизации режима контролируемой прокатки стали.

Основные применяемые концепции реализации и создания современных высокопрочных низколегированных конструкционных сталей формулируются следующим получаемым образом [6]: – снижение содержания в своём составе углерода в получаемой стали; – уверенное исполнение и снижение содержания в применении вредных включений, примесей и неметаллических реализуемых в составе исполненных включений; – замена, которая применяется в твердорастворном упрочнении и так же дисперсионном; – измельчение изготавливаемого, получаемого зерна путем термомеханической и качественной обработки и микролегирования; – формирование оптимальной уверенной структуры металла с помощью процессов и механизмов ускоренного охлаждения получаемого материала.

КП–контролируемая прокатка; УО–ускоренное охлаждение; ПЗ – закалка с прокатного нагрева; О– отпуск

1.5 Термическая обработка листового проката

Эффективным и уверенным средством улучшения свойств низколегированной стали является прочное сочетание легирования с термической – применением естественной обработки. При обеспечении максимальной и уверенной скорости охлаждения, минимальной устойчивости в аустенитной области применения – проявляется возможность закалки используемой низколегированной стали. В зависимости от химического состава уровня низколегированной стали при закалке – происходит качественное превращение мартенситного или бейнитного типа структурированной стали. В настоящее время известно, что легирующие, составляющие элементы – смещают начало опытного мартенситного превращения в сторону более низких и улучшенного уровня температур.

Применение особым способом контролируемой прокатки (КП) эффективно для качественного улучшения комплекса получившихся свойств широкой гаммы конструкционных сталей.

Наилучшие результаты применения – достигаются в том случае, когда состав стали и выбранные параметры контролируемой прокатки довольно хорошо обеспечивают на определенных стадиях необходимого процесса стабильное формирование требуемого структурного состояния и устойчивость, которая достигается путем состояния против малых отклонений и применяемых параметров химического состава, что и является отличительным, уверенным признаком процесса контролируемой и контролируемой прокатки стали. Для обычной низколегированной стали область – универсальной «грубой» рекристаллизации начинается при температуре 1000 °С и выше [6]. В процессе получаемой деформации в этой области температур каждый совершаемый проход завершается опытной перекристаллизацией и ростом аустенитного зерна в его составе (рисунок 8).

В области «тонкой» рекристаллизации, лежащей между 1000 и 900–850 °С, завершается измельчение аустенитного зерна или получается смешанное зерно. Деформация при более низких температурах (<850 °С) не сопровождается рекристаллизацией аустенитных зерен. Эффект отдельных проходов, осуществляемых при температуре ниже температуры рекристаллизации, суммируется. Измельчение аустенитного зерна при температуре 1000 °С и выше обеспечивается последовательными обжатиями, поэтому размер аустенитного зерна перед началом прокатки оказывает большое влияние на процесс рекристаллизации в высокотемпературной области и на степень измельчения зерна. Мелкое исходное аустенитное зерно необходимо и потому, что с уменьшением величины зерна критические степени деформации рекристаллизации значительно уменьшаются, вследствие чего полученное рекристаллизованное аустенитное зерно тем однороднее и мельче, чем мельче исходное аустенитное зерно.

Технологическая схема КП предполагает в своём варианте не только контроль всех технологических параметров, но и уверенное управление происходящими процессами структурообразования путем достижения правильного применения выбора исключительных параметров деформации, достаточного уровня охлаждения и подобранного – химического состава используемой стали.

Варианты процесса контролируемой прокатки :

I – $T_{\text{деф}} > T_{95}$ аустенита (измельчение используемого зерна за счет многократной рекристаллизации материала, как аустенита);

II – $T > T_{\text{деф}} > A_{r3}$ (используемый наклеп аустенита, сопровождающийся достаточным увеличением удельной межфазной поверхности аустенита $S^{\text{эф}}_{\nu}$);

III – $A_{r3} > T_{\text{деф}} > A_{r1}$ (вариант наклепа феррита и его полигонизация)

При этом все используемые варианты осуществления осуществляемой, контролируемой прокатки (определяемые теми самыми граничными условиями структурообразования вещества, а не параметрами готовой технологии) максимально и уверенно сводятся к трем типам и представляют собой рабочие

комбинации перечисленных вариантов, стадий:

– осуществляемая в опыте рекристаллизационная контролируемая прокатка (РКП) – I стадия, которой при деформации (существует с последующим ускоренным охлаждением); основные используемые механизмы - качественного улучшения комплекса свойств – это зернограничное упрочнение и вариант дисперсионного твердения;

– высокотемпературная контролируемая прокатка (ВКП), которая наряду со стадией I также дополнительно и необходимо включает стадию II деформации,

при этом обычно с последующим возникновением ускоренного охлаждения, при этом в опыте обеспечивается более эффективное и качественное измельчение зерна, уникальное дисперсионное твердение, упрочнением осуществляемое опытным превращением;

– используемая низкотемпературная контролируемая прокатка (НКП), которая достаточно и также дополнительно включает стадию III деформации (в $\gamma + \alpha$ –области), всё это обеспечивает в итоге субзеренное и дислокационное упрочнение стали и заключительное формирование кристаллографической текстуры такого материала, как феррита.

Реализуемые в проекте структурные механизмы: необходимое измельчение используемого зерна аустенита на стадии I деформации, максимально качественное формирование структуры аустенита с необходимой и высокой скоростью $B^{\text{эфф}}$ у на стадии предлагаемого регламентированного, ускоренного охлаждения [2]. Получившаяся конечная структура: достаточно мелкозернистый феррит (обычно размер полученного зерна 4–5мкм) в получившейся смеси с бейнитом, или также преимущественно дисперсный и низкоуглеродистый бейнит в зависимости от используемого режима применяемого охлаждения и композиции легирования получаемой стали.

Применение контролируемой прокатки (КП) эффективно сказывается для улучшения не только комплекса требуемых свойств широкой гаммы конструкционных сталей. Наилучшие и показательные в процессе результаты достигаются в том случае, если итоговый состав стали и необходимые, выбранные параметры КП достаточно качественно обеспечивают на определенных стадиях происходящих процесса стабильное формирование требуемого структурного состояния и максимальную устойчивость возможных отклонений и параметров против достаточно малых и его химического состава, что в итоге и является отличительным и говорящем о качестве признаком контролируемой прокатки.

Для обычной низколегированной, применяемой стали, область грубой рекристаллизации начинается при температуре 1000 °С выше. При происходящем

процессе деформации в этой области данных температур, каждый уверенный проход завершится перекристаллизацией и ростом аустенитного зернам (рисунок 8). В применяемой области тонкой рекристаллизации, лежащей между 1000 и 900 – 850 °С, завершается измельчением аустенитного зерна или в итоге получается смешанное зерно. Деформация при более низких температурах (менее 850 °С) не сопровождается рекристаллизацией аустенитных, используемых зерен. Также эффект при отдельных проходах, осуществляемых при температурах ниже температуры рекристаллизации, складывается.

Достаточное измельчение аустенитного зерна при температурах 1000 и выше обеспечивается должными и последовательными обжатиями, поэтому достигаемый размер аустенитного зерна перед началом прокатки оказывает довольно большое влияние на процессы при рекристаллизации в высокотемпературной области этого состояния и также влияет на степень измельчения зерна. При использовании мелкого исходного аустенитного зерна необходимо удостовериться и потому, что с уменьшением величины зерна критические степени деформации рекристаллизации значительно уменьшаются, вследствие чего полученное рекристаллизированное аустенитное зерно тем однороднее и мельче, чем мельче исходное аустенитное зерно.

Технологический процесс контролируемой прокатки состоит из нагрева, черновой и чистовой стадий прокатки и последеформационного охлаждения.

Основными параметрами контролируемой прокатки являются;

- температура и время нагрева под прокатку;
- температурно – деформационные параметры черновой стадии прокатки,
- толщина подката для чистовой стадии прокатки;
- температурно – деформационные параметры чистовой стадии прокатки,
- условия последеформационного охлаждения проката

Параметры нагрева слябов под прокатку определяются из условий перевода в твердый раствор основной части микролегирующих элементов (V, Nb) и формирования достаточно мелкого зерна аустенита.

Параметры нагрева слябов под прокатку определяются из условий перевода в твердый раствор основной, чем выше содержание углерода и неомия, тем выше должна быть температура нагрева.

Недостаточная температура нагрева приведет к потере прочности, слишком высокая – к потере вязкости и хладостойкости из-за получения грубого зерна.

В промышленных и даже лабораторных условиях повышение температуры нагрева приводит к смещению температурного интервала черновой деформации и вследствие зависимости Dg от температуры – к увеличению размера зерна аустенита.

Повышение температуры аустенизации приводит за счет увеличения растворимости микролегирующих и других элементов к повышению устойчивости аустенита:

– укрупнение зерна аустенита и дополнительное легирование твердого раствора ведет к торможению рекристаллизации (смещению температурного интервала полного протекания рекристаллизации в область более высоких температур), что может привести к формированию после черновой прокатки структуры неполной рекристаллизации, а в готовом прокате к появлению участков продуктов промежуточного превращения, так же не исключается эффект влияния измененного состава матрицы и на параметры роста зерна аустенита. Повышение температуры аустенизации на $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ приводит к увеличению интервала времени до начала первичной рекристаллизации более чем на два порядка, что при постоянном режиме КП привело при $T_{\text{нагр}} = 1250\text{ }^{\circ}\text{C}$ к появлению в структуре участков разнотерности и формированию грубого бейнита взамен перлита. Последние структурные изменения дают основание полагать, что при высокой температуре нагрева при черновой прокатке происходит неполная рекристаллизация аустенита.

Т.е. эффективным способом снижения размера аустенитного зерна (и как следствие конечного ферритного зерна) является снижение температуры нагрева

металла под прокатку. На практике малоперлитные стали с добавками ванадия, ниобия и титана обычно нагревают до температур 1150 – 1200°C, выше данного температурного диапазона начинается аномальный рост зерна в данных сталях, что приводит к резкому увеличению размеров и разноструктурности аустенита [2,4.5,6]. Однако в настоящее время на стане 2800 очень ограничено применяется низкотемпературный. Стандартными являются режимы, согласно которым слябыгреваются по среднетемпературному или высокотемпературному режиму (по установке 1230 – 1260 °C), что приводит к существенном росту аустенитного зерна перед прокаткой.

Целью черновой стадии прокатки является максимальное измельчение зерна аустенита за счет процесса рекристаллизации аустенита после каждого прохода.

Основные параметры процесса:

- максимально возможная степень деформации за проход (желательно не менее 15 – 20%);
- проведение деформации при температуре, превышающей температуры рекристаллизации аустенита (T_{95});
- устранение формирования смешанной структуры аустенита (частично рекристаллизованной), например, путем повышения обжатий при снижении температуры.

Деформация рекристаллизующегося аустенита (прокатка в клетки ДУО является первой стадией контролируемой прокатки и в значительной степени определяет дальнейшие процессы структурообразования и формирования конечной структуры. На этом этапе управления процессами структурообразования преследует две основные цели

Возможны две стратегии чистовой прокатки для измельчения зерна феррита: использование многократной рекристаллизации аустенита или полное её торможение и осуществление наклепа, при этом должна быть полностью исключена третья возможность использование режимов, способствующих

частичному прохождению рекристаллизации как во время деформации, так в междеформационных паузах. Последняя схема не поддается контролю в реальных промышленных условиях, и приводит к сильной неоднородности структуры и снижению свойств проката .

В результате применения ускоренного охлаждения после контролируемой прокатки в γ –области:

– повышается дисперсность структуры (размер областей продуктов промежуточного превращения и др. Бейнит, сформировавшийся при ускоренном охлаждении, распределен в ферритной матрице достаточно гомогенно и имеет мелкодисперсную структуру. А повышение гомогенности структуры способствует повышению стойкости металла к сероводородному растрескиванию за счет уменьшения количества центров зарождения водородных трещин, которыми могут быть в том числе и перлитные полосы или островки мартенсита. Распространение водородной трещины происходит в основном по твердым составляющим микроструктуры, а высокая гомогенность сталей после ускоренного охлаждения препятствует этому процессу);

– изменяются тип и соотношения структурных составляющих (при ускоренном охлаждении в структуре появляется мелкодисперсный бейнит, а количество перлита уменьшается);

– дисперсионное упрочнение более эффективно;

– увеличивается плотность дислокаций (при применении ускоренного охлаждения феррит, сформировавшийся до начала бейнитного превращения, имеет существенно большую плотность дислокаций, чем в случае медленного охлаждения или отсутствия бейнитного превращения. Бейнитное превращение в сталях происходит с увеличением объема, что приводит к повышению плотности дислокации в зернах феррита, соседствующих со сформировавшимися участками бейнита);

– устраняется полосчатость и формируется более равномерная структура стали.

Основная идея ускоренного охлаждения – увеличение скорости зарождения феррита за счет переохлаждения аустенита, что ведет к образованию мелкого зерна феррита (при прокатке в γ – области), а также подавление дальнейшего его роста.

На основе вышеизложенного следует выбрать наиболее оптимальный режим обработки трубных заготовок.

2 МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Сортамент сталей, выплавляемых ЭСПЦ относится к низкоуглеродистым низколегированным маркам. Стали выплавляют в дуговой сталеплавильной печи емкостью 100 тонн. После раскисления, металл по определенной технологии доводили по химическому составу легированием, усредняли, очищали от неметаллических включений, продувая на установке печь – ковш (УКП) аргоном.

Для снижения содержания вредных примесей применяли наведение шлака, добавление РЗМ, присадками алюминия и силикокальция. Дальше выплавленный металл разливали на машине непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) и затем слябы доставляли на нагрев и прокат.

В зависимости от требований технологии сталь прокатывали на стане 2800 АО «Уральская сталь» с усилием. по обычному режиму или по режиму контролируемой прокатки: нагрев слябов (1120 – 1180 °С), температура раската после клетки ДУО (менее 1020 °С), подстуживание, температура начала проката в клетки КВАРТО (980 – 950 °С), температура конца прокатки после (800 – 750 °С). Большую часть полученного неконтролируемой прокаткой металла подвергали, в соответствии с действующей технологией, термической обработке, после чего дальнейшем получали готовую продукцию.

Сортамент и количество плавов, выплавляемой и проанализированных за исследуемый период (6 месяцев) представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Сортамент и объем, выплавляемой стали за 6 месяцев

Марка стали	Количество металла за период		
	тонн	% от объема	плавов
1	2	3	4
10ХСНД(А)	123711,3м	25,1	1006
09Г2С	83082,1	16,9	681
17Г1С(У)	49102,4	10,0	406

1	2	3	4
12Г2СБ	46992,5	9,5	386
С255	37676,8	7,6	309
15ХСНД(А)	37020,3	7,5	304
Ст3сп	25574,5	5,2	210
13Г1С – У	21566,6	4,4	177
Сталь 20	12034,5	2,4	99
Х70	7648,4	1,6	62
...			
Сталь 40 – 45	2279,5	0,5	21
8ХЗСМФ	638,7	0,1	6
Итого	492884,9	100,0	4053

Наиболее массовыми марками стали по классу прочности являются, 10ХСНД(А), 09Г2С, 12Г2СБ. Для дальнейшего анализа была выбрана марка стали 12Г2СБ с карбонитридным упрочнением (категории прочности К56).

Химический состав выбранной стали соответствует требованию нормативных документов представлен в таблице 2 .

Таблица 2 – Химический состав марки стали 12Г2СБ

С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	Ti	Al	Nb
0,1 – 0,14	0,25 – 0,5	1,4 – 1,55	до						0,005 – 0,02	0,01 – 0,06	0,04 – 0,07
			0,09	0,02	0,025	0,3	0,012	0,3			

Прокат листов из низколегированной стали марки 12Г2СБ, предназначенный для изготовления прямошовных труб, диаметр которых от 530 мм до 1220 мм, так же для магистральных газопроводов, нефтепроводов, должен обеспечивать высокую надежность газопроводов, повышенной коррозионную стойкость, низкотемпературной вязкости повышенный уровень прочностных свойств и иметь хорошую свариваемость.

Согласно ТУ механические и вязкие свойства листового проката стали марки 12Г2СБ, имеющего класс прочности К56 толщиной 8 – 16 мм представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Механические характеристики стали марки 12Г2СБ согласно ТУ 5246 – 94

Предел текучести, σ_T Н/мм ²	Временное сопротивление разрыву, σ_B Н/мм ²	Относительное удлинение, δ_5 %	Отношение σ_T / σ_B	Диаметр трубы мм	вязкость,		Количество вязкой составляющей в изломе образцов для ИПГ ⁻²⁰ %
					ударная		
					Дж/см ²		
не менее 400	550 – 660	не менее 22	не более 0,9	720 – 820	КСU ⁻⁶⁰ не менее 49	КСV ⁻²⁰ 69	60
				1020			70
				1220			80

Примечание: 1 Диаметр трубы и особые условия поставки указывают в заказе.

2 Ударную вязкость и долю вязкой составляющей для ИПГ определяют как средние арифметические значения по результатам трех или двух образцов соответственно. На одном образце допускается снижение ударной вязкости на 9,7 Дж/см² и доли вязкой составляющей на 10%.

3. Для труб диаметром 530 мм долю вязкой составляющей в изломе образцов для ИПГ определяют по согласованию с потребителем. Испытания на растяжение проводились в соответствии с ГОСТ 1497 при температуре +20 °С + 2 °С с использованием универсальной испытательной машины 1958У 10 – 1. Склонность стали к хрупкому разрушению определяли на основе ударных

испытаний при температурах +20 °С и – 60 °С на образцах типов Шарпи и Менаже в соответствии с ГОСТ 9457 и ГОСТ 9458. Ось надреза была перпендикулярна к поверхности проката. Так же проводились испытания падающим грузом (ИПГ) с последующей оценкой доли вязкой составляющей в изломе. Механические свойства соответствовали действующим нормам качества.

Листовой прокат марки стали производился по регламенту технологического письма методом контролируемой прокатки (КП) и контролируемой прокатки с ускоренным охлаждением (КП+УКО). Выплавка стали 12Г2СБ производилась с углеродным эквивалентом, рассчитанным по формуле 1:

$$C_{\Sigma} = \%C + \%Mn/6 + \%Nb/5 \quad (1)$$

где С, Мп, Nb-массовые доли углерода, марганца и необия в ковшевой пробе.

В результате полученных данных и расчете по формуле 1 получили углеродный эквивалент в диапазоне – $C_{\Sigma} = 0,36 - 0,40\%$

При получении неудовлетворительных результатов механических испытаний в состоянии после контролируемой прокатки или после контролируемой прокатки с ускоренным охлаждением листовой прокат подвергали исправляющей термообработке .

За исследуемый период после завершения реконструкции линии стана было прокатано и испытано 44 партии листового проката толщиной 12 мм методом контролируемой прокатки и 8 партий методом контролируемой прокатки с ускоренным охлаждением. Из них 13 партий (29,5%) после контролируемой прокатки и 4 партии (50,0%) после контролируемой прокатки с ускоренным охлаждением имели неудовлетворительный уровень механических свойств (заниженные значения временного сопротивления разрыву , ударной вязкости KCV^{-20} , количества вязкой составляющей в изломе образцов ИПГ⁻²⁰).

На основе массива данных за исследуемый период были построены и проанализированы графики зависимостей углеродного эквивалента от механических свойств после контролируемой прокатки и контролируемой прокатки с ускоренным охлаждением.

Контролируемая прокатка обеспечивает меньшую дисперсность структуры и, как следствие, относительно невысокую хладостойкость.

Применение ускоренного охлаждения после контролируемой прокатки (КП+УО), которое позволяет еще больше измельчить зерно и добиться более высокого уровня прочности в результате образования бейнитных участков, равномерно распределенных в ферритной матрице.

Увеличение сопротивления хрупкому разрушению происходит благодаря измельчению зерна и замене грубых перлитных структур более тонкими, бейнитными. Кроме этого, улучшение свойств достигается без увеличения общего уровня легирования, что позволяет сохранить хорошую свариваемость материала за счет низкого углеродного эквивалента.

Количество образцов с неудовлетворительными результатами механических испытаний листового проката стали марки 12Г2СБ толщиной 2,2мм после контролируемой прокатки и контролируемой прокатки с ускоренным охлаждением за исследуемый период представлено в таблице 4.

Таблица 4 – Количество образцов с неудовлетворительными результатами механических испытаний листового проката стали марки 12Г2СБ

Состояние поставки	Всего испытано образцов, шт	Количество неудовлетворительных испытаний механических свойств при растяжении	Всего испытано образцов, шт	Количество неудовлетворительных испытаний KCV ⁻²⁰		Всего испытано образцов, шт	Количество неудовлетворительных результатов вязкой составляющей в изломе образцов для ИПГ	
		временное сопротивление разрыву, σ_B		шт	%		шт	%

		шт	%						
КП	97	29	29,90	279	5	1,8	170	5	2,9
КП+УКО	56	3	5,4	48	4	2,6	32	20	62,5
Итого	153	32	20,5	327	9	2,75	202	25	12,4

Примечание: предел текучести σ_T , относительное удлинение δ_5 , отношение σ_T / σ_B , и ударная вязкость KCU^{-60} имели нормируемый уровень свойств.

Листовой прокат стали марки 12Г2СБ с неудовлетворительными результатами механических испытаний (заниженные значения временного сопротивления разрыву, ударной вязкости KCV^{-20} количества вязкой составляющей и изломе образцов ИПГ⁻²⁰) после КП и КП+УКО на термическом участке подвергали исправляющей термообработке – закалке с форсированным отпуском. Режимы исправляющей термической обработки назначали в зависимости от результатов механических испытаний и состоянии после контролируемой прокатки или после контролируемой прокатки с ускоренным охлаждением:

Закалка + форсированный отпуск:

Закалка:

- температура металла на выходе из роликовой печи, °С – 930 – 940;
 - удельное время нагрева, мин/мм – 2,0;
 - массовый расход воды, подаваемой к брызгалам – 2000.
- закалочного пресса, не менее, т/ч

Форсированный отпуск:

- температура металла на выходе из печи, °С – 660–720;
- температура 7– 10 зон печи, °С – 800 – 820; 830 – 840; 860 – 880.

За исследуемый период исправляющей термической обработке было подвергнуто 397 т листового проката стали марки 12Г2СБ толщиной 12мм.

Количество первично и повторно термообработанного листового проката

стали марки 12Г2СБ за данный период приведено в таблице 5.

Таблица 5 – Количество листов, подвергнутых первичной и повторной термообработке

Марка стали	Состояние поставки	Первая термообработка (закалка +форсированный отпуск)		Повторная термообработка	
		т	%	т	%
12Г2СБ	Контролируемая прокатка	397	100	320	81,4
	Контролируемая прокатка с ускоренным охлаждением				

На основе массива данных за исследуемый период были построены и проанализированы графики зависимостей углеродного эквивалента от механических свойств закалки и форсированного отпуска.

Таблица 6 – Параметры частотных распределений механических свойств, углеродного эквивалента, температуры металла на выходе из печи и контрольных зон печи при форсированном отпуске листового проката стали марки 12Г2СБ толщиной 12 мм в термоулучшенном состоянии.

Анализируемые характеристики	Параметры частотных распределений				
	Минимальное значение	Максимальное значение	Среднее значение	Среднеквадратично е отклонение	Коэффициент вариации
Предел текучести, σ_T , Н/мм ²	418	560	467	29	6,25

Временное сопротивление разрыву, σ_B , Н/мм ²	550	620	571	17,00	2,94
Относительное удлинение, δ_5 , %	22	30	24,7	2,64	10,66
Углеродный эквивалент, %	0,361	0,397	0,377	0,011	2,93
Температура металла на выходе из печи T_m , °С	660	720	694	13,8241	1,993
Температура 7 – 10 зон роликовой печи T_p , °С	800	860	813	23,0526	2,835

Таблица 7 – Матрица коэффициентов парной корреляции листового проката стали марки 12Г2СБ толщиной 12мм после закалки с форсированным отпуском

Механические характеристики	Углеродный эквивалент	T_p	T_m	$r_{кр}$
Предел текучести, σ_T	0,347	0,278	– 0,180	0,18
Временное сопротивление разрыву, σ_B	0,446	0,279	– 0,138	0,18
Относительное удлинение, δ_5	– 0,175	– 0,462	0,397	0,18

Анализ результатов статистических однофакторных зависимостей механических свойств термоулучшенного липового проката от коэффициента химического состава, температур металла на выходе из роликовой печи и контрольных зон печи при проведении форсированного отпуска закаленных листов показал, что:

– на предел текучести листового проката стали марки 1212СБ значимо положительно влияют коэффициент химического состава (0,347) и температура контрольных зон печи (0,278), а значимо отрицательно - температура металла на выходе из печи (– 0,180);

– на временное сопротивление разрыву положительно значимо коэффициент химического состава и температура контрольных зон печи (коэффициенты 0,446 и 0,279 соответственно);

– на относительное удлинение значимо положительно влияет температура металла на выходе из печи (0,397), значимо отрицательно – температура контрольных зон печи.

Расчет уравнений множественной корреляции и приемочных значений температуры металла на выходе из роликовой печи при проведении форсированного отпуска закаленного листового проката стали марки

На основании анализа результатов парной корреляции для прогнозирования вероятности обеспечения механических свойств листового проката стали марки 12Г2СБ в термоулучшенном состоянии рассчитали уравнения множественной корреляции с учётом значимого влияния коэффициента химического состава, температур металла на выходе из роликовой печи и контрольных зон печи при проведении форсированного отпуска закаленных листов.

$$\sigma_T = -0,175 T_M + 0,531 T_P + 1245,978 K_{ХС} - 306,000 \quad R = 0,393$$

$$\sigma_B = -0,04 T_M + 0,582 T_P + 1522,864 K_{ХС} - 458,656 \quad R = 0,469$$

$$\delta_5 = 0,066 T_M - 0,069 T_P - 85,778 K_{ХС} + 67,873 \quad R = 0,436$$

По полученным уравнениям рассчитали приёмочные значения температуры металла на выходе из роликовой печи листового проката стали марки

12Г2СБ в зависимости от величины коэффициента химического состава и температуры контрольных зон печи при проведении исправляющей термообработки – закалки с форсированным отпуском, гарантирующей обеспечение уровня прочностных, пластических и вязких свойств, представленных в таблице 8.

Таблица 8 – Приемочные значения температуры металла на выходе из роликовой печи при проведении форсированного отпуска закаленного листового проката стали марки 12Г2СБ толщиной 12мм

Величина углеродного эквивалента, %	Температура металла (Тм) на выходе из печи. °С, не менее					
	Температура 7 – 10 зон роликовой печи, °С					
	800 – 820	820 – 840	840 – 860	880 – 900	890 – 910	900 – 920
1	2	3	4	5	6	7
0,36	–	–	–	–	760	770
1	2	3	4	5	6	7
0,37	–	–	–	740	770	780
0,38	–	–	730	750	780	–
0,39	–	725	740	760	800	–
0,40	720	740	760	780	–	–

С учетом полученных данных скорректировали приемочные значения температуры металла и контрольных зон печи при форсированном отпуске закаленных листов стали марки 12Г2СБ толщиной 12мм (таблица 8).

Таблица 9 – Скорректированные приемочные значения температуры металла на выходе из роликовой печи при проведении форсированного отпуска закаленного листового проката стали марки 12Г2СБ толщиной 12мм

Величина углеродного	Температура металла (Тм) на выходе из печи. °С, не менее					
	Температура 7 – 10 зон роликовой печи, °С					

эквивалента, %	800 – 820	820 – 840	840 – 860	880 – 900
0,36	–	–	–	–
0,37	–	–	–	740
0,38	–	–	730	
0,39	–	730	740	
0,40	720	740		

Таким образом, при получении в состоянии после контролируемой прокатки или контролируемой прокатки с ускоренным охлаждением заниженных значений предела текучести, временного сопротивления разрыву, ударной вязкости, количества вязкой составляющей в изломе образцов ИПГ⁻²⁰ для обеспечения нормируемого комплекса механических и вязких свойств листовой прокат толщиной 12 мм стали марки 12Г2СБ при коэффициенте химического состава плавки 0,37–0,4% необходимо подвергать исправляющей термической обработке – термоулучшению (закалка + форсированный отпуск) по режимам:

Закалка + форсированный отпуск:

Закалка:

- температура металла на выходе из роликовой печи, °С – 930 – 940;
- удельное время нагрева, мин/мм 2,0;
- массовый расход воды, подаваемой к брызгалам – 2000.

закалочного пресса, не менее, т/ч

Форсированный отпуск:

Режимы форсированного отпуска закаленных листов назначать в зависимости от коэффициента химического состава в соответствии с таблицей 9.

Выводы и рекомендации

1. Исследовано влияние величины коэффициента химического состава, температуры металла на выходе из печи и контрольных зон печи при форсированном отпуске на уровень механических и вязких свойств при термоулучшении.

2. Установлено существенное влияние коэффициента химического состава, температуры металла на выходе из печи и контрольных зон печи при форсированном отпуске на уровень механических и вязких свойств после термической обработки листового проката, имеющего неудовлетворительные результаты механических испытаний (заниженные значения прочностных характеристик, ударной вязкости, количества вязкой составляющей в изломе образцов ИПГ) после контролируемой прокатки и контролируемой прокатки с ускоренным охлаждением.

3. Рассчитаны уравнения множественной корреляции зависимости механических свойств от величины коэффициента химического состава, температуры металла на выходе из печи и контрольных зон печи при форсированном отпуске закаленного листового проката.

4. Рассчитаны температуры металла на выходе из роликовой печи и температура контрольных зон печи при проведении форсированного отпуска закаленных листов после контролируемой прокатки с ускоренным охлаждением, обеспечивающие нормируемый уровень механических и вязких свойств листового проката стали 12Г2СБ толщиной 12 мм.

5. Рекомендовали режим исправляющей термической обработки – закалка с форсированным отпуском. При этом температуру металла на выходе из роликовой печи и температуру контрольных зон печи при форсированном отпуске закаленного листового проката назначать дифференцированно в зависимости от коэффициента химического состава в соответствии с таблицей 9.

3 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ОТБОРУ ПРОБ, ЗАГОТОВОК

На основе проведенной работы сформированы основные требования, предъявляемые к отбору проб трубной заготовки.

В зависимости от назначения марок стали определение механических, металлографических и технологических свойств толстолистовой стали производят либо для партии листов (партионные испытания), либо для каждого листа в отдельности (полистные испытания).

В состав партии входят листы одной плавки, одной толщины, одного режима термообработки.

Разделение листов по партиям производит контролер УТК в соответствии с требованиями стандартов, технических условий (далее ТУ), технических соглашений (далее ТС) и требований заказа.

Номера партий должны быть не более 9999.

Определение механических, металлографических и технологических свойств листовой стали, поставляемой по стандартам, ТУ, ТС и требований заказа производят на образцах, вырезанных от листа поперёк направления прокатки, согласно ГОСТ 7564.

В соответствии с ГОСТ 7564 в технологической инструкции используются следующие термины:

Проба (планка) – часть изделия, предназначенная для изготовления заготовок образцов для испытаний.

Заготовка – часть пробы (планки), обработанная или необработанная механически, подвергнутая, в случае необходимости, термической обработке, предназначенная для изготовления образцов для испытаний.

Образцы и для испытаний – часть пробы или заготовки определенного размера. Обработанная или необработанная механически и доведенная до состояния, необходимого для контрольного испытания.

Идентификация пробы к листу осуществляется визуально по маркировке или клеймовке листа. На пробе маркируется номер партии и номер листа:

- на участке стан краской (пеком);
- на термическом участке клеймовкой / краской (пеком);
- на участке листоотделки краской (иском).

Пробы отбираются от листов, прошедших все технологические операции и имеющих припуск на отбор проб.

Примечание – при пользовании настоящей технологической инструкцией целесообразно проверить действие ссылочных нормативных документов. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящей технологической инструкцией следует руководствоваться замененным (измененным) документом.

Для вырезки заготовок, предназначенных для изготовления образцов, от листов непосредственно после проката, термообработки или замедленного охлаждения в стопах, отбирают поперечные полосы, называемые пробами (планками), в количестве.

- для обеспечения аттестации по результатам первичных испытаний согласно требованиям НД;
- для обеспечения аттестации по результатам повторных испытаний в удвоенном количестве согласно требованиям НД.

Вырезка проб

Отбор проб производят:

- на участке стана 2800 – гильотинные ножницы №1 (далее ГН – 1). ножницы поперечной резки №2 (далее НПР – 2);
- на термическом участке – гильотинные ножницы (далее ГН – 6).

По организационным или техническим причинам на участке стана 2800 отбор проб разрешается производить на ножницах поперечной резки с катящимся резом (далее НКТ – 3) при помощи вспомогательного оборудования (короб или иное).

Вырезка проб из листов без термической обработки.

При производстве листов из однократных раскатов пробы вырезают для партионных и полистных испытаний от «головной» части раската после удаления регламентированной обреза. Концевые дефекты должны быть удалены в обрезь.

При производстве листов из двукратных раскатов при партионных испытаниях пробы отбирают от двух листов, соответствующих середине разных раскатов:

- при отборе проб на стане 2800 – от «головной» части второго крата;
- при отборе проб на термическом участке – от «донной» части первого крата.

При производстве листов из трехкратных раскатов при партионных испытаниях пробы отбирают от двух листов, соответствующих середине разных раскатов:

- при отборе проб на стане 2800 – от «головкой» части второго или третьего крата;
- при отборе проб на термическом участке - от «донной» части первого или второго крата.

При производстве листов из четырех и более кратных раскатов при партионных испытаниях пробы отбирают из разных раскатов от «средней» части раската, аналогично отбору проб от листов из трехкратных раскатов.

- при полистных испытаниях отбор проб осуществлять от торцевой части каждого листа раската;
- при производстве листов с термической обработкой пробы отбирают от любых листов партии, при этом пробу отбирают;
- при порезке на ГНб – от донной части листа;
- при порезке на участке стана 2800 (ГН – 1, НПП – 2, НКР – 3) – с головной части листа.

На участке стана при прокатке металла без «стопирования», а так же на термическом участке, листы для отбора проб назначает контролер УТК.

На участке стана после «стопирования» листы для отбора проб назначает резчик горячего металла участка отделки и сдачи металла.

Отбор проб от листов на участке стана производит резчик горячего металла на ножницах ГН – 1, ННР – 2. На термическом участке отбор проб от листов производит резчик горячего металла на ГН – 6.

Отобранные пробы резчики горячего металла ГН – 1, ННР – 2 и ГН – 6 перемещают по конвейеру на отведенные у ножниц площадки.

На площадках ГН – 1 и ННР – 2 резчики горячего металла участка отделки и сдачи металла маркируют на пробах номер партии и номер листа краской (пеком).

Если по организационным или техническим причинам вырезка проб от листов производится резчиком горячего металла на НКР – 3, то с учётом регламентируемой обрезки пробы маркируются резчиком горячего металла участка отделки и сдачи металла на листах под краном №22.

На термическом участке резчики горячего металла участка отделки и сдачи металла на стеллажах выдачи в денной части листа в месте отбора проб клеймят или маркируют номер партии и номер листа. Пробы, отобранные от термообработанных листов, дополнительно после номера партии маркируют соответственно «Т» после первой термообработки и «ТТ» – после второй термообработки и т.д.

По требованию НД, заказа отбирают пробы на определение контрольного химического состава (КХА).

Вырезка проб производится на проборазделочных ножницах НОП – 1 и НОП – 2 на специально отведенных площадках резчики горячего металла отсортировывают пробы для первичных и повторных испытаний, а так же подготавливают пробы для первичных испытаний к порезке.

Пробы, предназначенные для повторных испытаний, хранят на специальных стеллажах до получения результатов первичных испытаний, удовлетворяющих требованиям НД и заказа.

Перед порезкой пробы мелом отмечается $\frac{1}{2}$ и $\frac{1}{4}$ часть пробы. В предполагаемом месте образцов на пробе (планке) мелом наносится буквенное условное обозначение:

Р – для образца на растяжение;

З – для образца на изгиб;

И – для образца на излом и образца на ИПГ (образцы отличаются размером);

С – для образца на определение чувствительности к старению;

Н – для образца на определение неметаллических включений,

М – для образца на определение макроструктуры;

Е – для образца на определение величины зерна;

О – для ударного образца с V-образным надрезом;

Z – для образца на растяжение в направлении толщины проката.

Заготовку для образца на растяжение располагают в зоне $\frac{1}{4}$ ширины листа, если иное не оговорено в НД.

Вырезку заготовок для механических испытаний производя, в соответствие требованиями ГОСТ 7564 (место вырезки В ширины листа, рисунок D1 приложения схемам, представленным на рисунках А1–А3 (приложение А).

Вырезку заготовок для механических испытаний судостали, экспота и штрипсов производят согласно требованиям соответствующих стандартов.

Пробы, отбираемые по ГОСТ 7654, для испытания листовой стали на растяжение толщиной до 25 мм включительно используют плоские образцы с сохранением, на их поверхностных слоев проката, поэтому размеры заготовок должны соответствовать требованиям, предъявляемым к данному типу образцов.

При толщине проката свыше 25 мм. если не оговорено особо, испытания на растяжение производят на круглых образцах. Размеры заготовок при этом должны соответствовать требованиям, предъявляемым к данному типу образцов.

Испытание на растяжение листов толщиной от 8 до 25 мм допускается производить как на плоских, так и на цилиндрических образцах.

Испытание на растяжение в направлении толщины проката производят на цилиндрических образцах для листов толщиной 20 мм и более.

Подготовка заготовок к отправке.

На заготовках в зависимости от их назначения наносят буквенные и условные обозначения (клейма): Р, З, И, С, П, М, Е, О, Z.

Кроме буквенного и условного обозначения на заготовке для образцов клеймят: номер партии, номер листа согласно схеме, представленной на рисунке А2(приложение А).

Заготовки для образцов на ударную вязкость клеймят по схеме, представленной на рисунке БЗ (приложение Б). Высота букв и цифр клейма на заготовках для образцов на ударную вязкость и другие виды испытаний равна 5 мм. в соответствии с размерным рядом.

Заготовки для образцов контроля загрязненности неметаллическими включениями, величины зерна и полосчатости микроструктуры клеймят вдоль направления прокатки .

При исправлении клейма на заготовках (ошибка в номере партии, ошибка в номере пила) резчик горячего металла обязан в протоколе механических испытаний сделать соответствующую запись.

Клеймо на заготовках должно быть четким, не растянутым. Цифры должны быть расположены по продольной оси заготовки. Ответственность за правильное клеймение несет резчик, проводивший клеймение.

По мере разделки и подготовки заготовок к отправке в ЛММИПП ЦЛК резчик горячего металла на НОП – 1 и НОП – 2 записывает в журнал отправки заготовок:

- номер протокола;
- номера партии;
- марку стали;
- количество листов для испытаний и их номера;
- объем партии – тонн, для полистного металла - количество листов;

- дату и время отправки заготовок в ЛММИПП ЦЛК;
- дату и время выдачи протоколов.

Заготовки, несоответствующие требованиям, возвращают в цех для замены.

При наличии остатков пробы, от нее вырезается заготовка «замена».

При отсутствии остатков пробы заготовки для замены вырезаются из проб, отобранных от любых других листов данной партии. В этом случае из проб вырезается полный комплект заготовок согласно требованиям НД.

При получении неудовлетворительных результатов испытаний листы данной партии принимают как соответствующие требованиям нормативной документации (а также, при наличии дополнительных требований заказа).

Листы с неудовлетворительными результатами первичных механических испытаний отсортировывают или назначают на исправляющую термообработку.

Если из одного раската вырезают два или более листа, для которых требуются полистные испытания то пробы отбирают от каждого из этих листов. В этом случае допускается результаты испытаний образцов, вырезанных проб, взятых на стыке двух данных листов, относить к обоим листам, кроме специально оговоренных случаев.

Результаты испытаний штрипсовых марок стали:

- при партионных испытаниях – распространяются на оба листа раската;
- при полистных испытаниях – распространяются на весь раскат.

По мере поступления протоколом с результатами механических испытаний в журнале отправки проб резчик указывает:

- время и дату поступления протокола с результатами;
- «округляет» номер протокола в книге;
- делает отметку о первичных провалах, замене заготовок и т.д.

Заготовки для образцов передают в лабораторию механических и металлографических испытаний прокатной продукции (ЛММИПП) ЦЛК комплектно на все виды испытаний. В один протокол записывают не более 5

партий, исключение составляют одиночные листы и партии с полистным отбором проб (ГОСТ 5520 и ГОСТ 5521). Для партий с полистным отбором проб и одиночных листов количество партий, вносимых в один протокол, не ограничивается.

По мере поступления заготовок в ЦЛК работник лаборатории в Журнале, учета поступающих заготовок из ЛПЦ – 1 записывает:

- время и дату приёма заготовок;
- номер протокола;
- профиль листа (толщина);
- марку стали;
- количество партий и/или количество листов для испытаний;
- время и дата сдачи готовых образцов на испытания.

На каждую партию заготовок цех составляет протокол в двух экземплярах. В протокол записывается каждый лист в отдельности с указанием отобранного от него количества заготовок по видам испытаний.

Каждому протоколу присваивается номер. Протоколы на заготовки для повторных испытаний должны иметь отметку «повторно». В протоколе ставятся отметки о дополнительных требованиях, предусмотренных заказами: прохождение первичной и повторной термообработки, в случае необходимости, делают отметки «экспорт», «опытные» с указанием цеха заказчика НД.

Заготовки с исправленным клеймом персонал ЦЛК принимает в работу только при наличии записи в протоколе об исправлении клейма.

Отметку о виде термической обработки проката в протоколе механических испытаний в информационной системе базы данных (БД), в журналах, книгах по отбору проб, учету назначения режимов термической обработки и др., производят в соответствии с кодами.

Термообработку листов, отбор проб и прочее проводят в соответствии с действующей нормативной документацией. При этом в протоколе механических испытаний, в журналах, книгах по отбору проб, учету назначения режимов

термической обработки и др., называют код термической обработки, соответствующий режиму термической обработки

Все заготовки для испытаний листов, указанных в протоколе, сдают в ЛММИПП ЦЛК одновременно. За комплектность сдачи заготовок по протоколам несет ответственность резчик горячего металла.

Запрещается сдавать в ЛММИПП заготовки для образцов на механические и металлографические испытания искривленными, а также с видимыми дефектами (раскатанные загрязнения, расслоение, заусенцы и др.). Изогнутые заготовки для механических испытаний должны быть выправлены резчиком горячего металла участка «Отгрузка, отделка и сдача металла». Для плоских разрывных образцов стрела прогиба на длине 200 мм не должна превышать 10 % от толщины проката, но не более 4 мм. Для образцов на излом ИПГ стрела прогиба должна быть не более 2 мм на длине 300 мм. Величина стрелы прогиба определяется визуально.

Аттестацию механических свойств листов (частично или полностью) неразрушающим методом производит контролер назначения УТК на основании предоставленных в электронном виде данных из ЦЛК.

При получении неудовлетворительных результатов первичных испытаний по какому – либо показателю, по данному показателю (показателям) проводят повторные испытания на удвоенном количестве образцов, отобранных от других листов. При отсутствии проб для повторных испытаний листы в удвоенном количестве дополнительно направляют на ГН – 1, НПР – 2, ГН – 6 для отбора проб для повторных испытаний.

В случае невозможности определения химического состава вследствие неоднородности и др. заготовка бракуется, и производится повторная сдача заготовок на КХА от тех же листов. Если результаты повторных испытаний КХА не позволяют определить химический состав, лист бракуют или переводят в марку пониженного качества; пробу берут от других листов плавки.

Действия при повторных испытаниях:

Удовлетворительные результаты повторных испытаний распространяются на всю партию, за исключением листов с первичными провалами.

Аттестацию партии при партионных испытаниях производят:

- по характеристикам без первичных провалов – по результатам удовлетворительных испытаний листов после первичных испытаний;
- по характеристикам с первичными провалами – по результатам удовлетворительных испытаний листов после повторных испытаний.

Неудовлетворительные результаты повторных испытаний распространяются на всю партию, за исключением листов с удовлетворительными значениями по результатам первичных или повторных испытаний («годный сам за себя»).

Партию листов с неудовлетворительными результатами повторных механических испытаний направляют на исправляющую термическую обработку.

При получении неудовлетворительных результатов повторных испытаний разрешается проводить полистные (поштучные) испытания по показателю (показателям), по которому эти испытания не выдержаны.

Аттестацию партии при полистных испытаниях производят по характеристикам без первичных провалов - по результатам удовлетворительных испытаний листов после первичных испытаний.

При получении неудовлетворительных результатов первичных испытаний штрипсовых марок стали хотя бы по одному из показателей, по нему проводят повторные испытания на удвоенном количестве листов данной партии.

При получении неудовлетворительных результатов первичных, а так же полистных испытаний хотя бы по одному из показателей, результаты испытаний распространяются на весь раскат.

При неудовлетворительных результатах повторных испытаний, хотя бы одного листа результаты распространяются на весь раскат и партию.

Листы с неудовлетворительными результатами первичных, повторных, полистных испытаний отсортировывают либо направляют на исправляющую термическую обработку.

В случае выявления внутренних и внешних пороков на образцах после разрыва, образцы подлежат замене.

При значении относительного удлинения, не удовлетворяющего нормам НД, оно является браковочным признаком только в том случае, если разрыв произошел в пределах средней трети расчетной длины образца. В противном случае образец подлежит замене [3].

4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Исследование механических характеристик проводилось в лаборатории ЛММИ АО «Уральская сталь».

Лаборант ЦЛК ЛММИ должен знать основные этапы работы в ЦЛК; структуру лабораторий; принципы взаимодействия лабораторной службы с другими подразделениями предприятия; основную нормативно-инструктивную, техническую регламентирующую документацию; методы отбора, хранения, проб и подготовка к исследованиям; правила эксплуатации лабораторной аппаратуры; причины и условия возникновения аналитических погрешностей при проведении лабораторного анализа; основные правила и методы лабораторных исследований в лаборатории.

Лаборант должен уметь анализировать результаты лабораторных исследований; организовать безопасную работу на преаналитическом, аналитическом и постаналитическом этапе. в лабораториях правильно заполнять документацию, с которой имеет дело лаборант (учетно-отчетную документацию); правильно производить отбор проб; оформлять сопроводительную документацию; правильно производить приемку и подготовку образцов к проведению исследований, регистрацию проб и проверку правильности оформления сопроводительной документации; достоверно и квалифицированно проводить лабораторное исследование; интерпретировать полученные результаты; соблюдать условия и сроки хранения проб; выполнять правила техники безопасности

Разработкой и совершенствованием технологических процессов, новых видов продукции, новой техники и технологии, мероприятий по улучшению качества продукции, а также контролем качества производимой в ОАО «Уральская Сталь» продукции и входным контролем, поступающего сырья и материалов, занимается Центральная лаборатория комбината.

Сложность работы в лаборатории заключается в чрезвычайном разнообразии используемого оборудования, методов работы и выполняемых операциях. Большая часть работы в лаборатории связана с потенциально опасными и вредными факторами.

Опасными и вредными производственными факторами при отборе проб, заготовок и образцов являются:

– движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования. передвигающиеся изделия, заготовки, материалы;

– острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях проб и заготовок;

– повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;

– повышенная температура поверхностей оборудования, материалов;

– повышенный уровень шума на рабочем месте;

– повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны.

Во время проведения исследования необходимо создать благоприятные для организма условия микроклимата рабочего места.

Итак, показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются:

– температура воздуха;

– температура поверхностей;

– относительная влажность воздуха;

– скорость движения воздуха;

– интенсивность теплового облучения.

Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма.

Длительное воздействие на человека неблагоприятных метеорологических условий может резко ухудшить его самочувствие, снижать производительность труда и приводить к заболеваниям.

Работа в лаборатории относится к категории Ib – работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением.

Оптимальные микроклиматические условия установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека. Они обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 12 – часовой рабочей смены при минимальных напряжениях механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах.

Допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне лабораторного помещения приводятся в таблице

Таблица 9 – Нормируемые параметры микроклимата

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °C	Температура поверхностей, °C	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Теплый	Iб (140–174)	22– 24	21–25	60–40	0,1
Холодный	Iб (140–174)	21– 23	20–24	60–40	0,1

Для соблюдения норм микроклимата в соответствии с СанПиН 2. 2. 4. 548 –96 и ГОСТ 12. 1005 – 88 (2000) « Общие санитарно – гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» в лаборатории предусмотрено следующее:

– оборудована общая обменная приточно – вытяжная вентиляция в соответствии со СНиП2.04.05–91 (2000) «Отопление. Вентиляция. Кондиционирование.»

Контроль соответствующих норм микроклимата осуществляли в соответствии СанПиН 2.2.4.548–96 [16].

Недостаточная освещенность приводит к нарушению зрения, ослаблению внимания, утомляемости глаз, снижению работоспособности.

Таблица 10 – Нормируемые показатели освещения основных помещений общественных, жилых и вспомогательных зданий

Лаборатория	Помещение	Плоскость(Горизонтальная) нормирования освещенности и КЕО , высота плоскости над	Разряд и подряд зрительной работы	При комбинированном освещении	Более при общем освещении	Показатель дискомфорта, не более при общем освещении	Коэффициент пульсации освещенности,%, не более	КЕО,%			
								При верхнем или комбинированном	При боковом освещении	При верхнем или комбинированном	При боковом освещении
Г –0,8				500/300	400	40	10	3,5	1,2	2,1	0,7

Для обеспечения лаборатории нужным количеством освещения, предусмотрено пять оконных проема площадью 4 м².

СНиП 23–05–95 «Естественное и искусственное освещение» устанавливает нормы рационального освещения рабочего места. Для естественного освещения нормируемых параметров является коэффициент естественного освещения. Естественное освещение осуществляется через светопроемы, ориентированные преимущественно на юг и юго – восток, и обеспечивают коэффициент естественной освещенности не ниже 1, 5% нормы естественного и искусственного освещения представлены в таблице 10.

Безопасное ведение процессов обеспечивается выполнением требований данной технологической инструкции, соблюдением соответствующих инструкций по охране труда, правил безопасности при получении, транспортировании, использовании расплавов чёрных и цветных металлов и сплавов на основе этих расплавов и другими действующими положениями и документами, регламентирующими соблюдение безопасных условий работ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В проведенной работе был осуществлен анализ качества термической обработки трубной заготовки из низколегированной стали 12Г2СБ. Описан существующий технологический процесс получения изделий. Проведена оценка качества, получаемого листового проката.

Проанализированы свойства листового проката из низколегированной стали 12Г2СБ в состоянии после контролируемой прокатки и контролируемой прокатки с ускоренным охлаждением.

Предложена исправляющая термическая обработка для листового проката из низколегированной стали 12Г2СБ с неудовлетворительным уровнем механических свойств.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Карабасов Ю. С. Сталь на рубеже столетий / Ю.С. Карабасов. – М.: «МИСИС», 2001. – 664 с.
- 2 Матросов Ю.И., Филимонов В.Н., Бернштейн М.Л. Рекристаллизация аустенита в низколегированных сталях с карбонитридным упрочнением. Известия АН СССР. Металлы / Ю. И. Матросов, В. Н. Филимонов, М. Л. Бернштейн. – М: Металлургия, 1981.–202 с .
- 3 ТИ 13657842 – П.ГЛ1 – 052017 Отбор проб, заготовок и образцов для механических, металлографических и технологических испытаний толстолистовой стали. Введен 04. 09. 2017 – Новотроицк, 2017 – 30 с.
- 4 Александров С.В. Металловедение и термическая обработка металлов / С. В. Александров. – М: Металлургия, 2005. – 78 с.
- 5 Кохрейн Р.К., Моррисон У.Б. Влияние технологии производства на характеристики превращения и микроструктуру некоторых трубных ниобиймолибденванадиевых сталей./ Стали для газопроводных труб и фитингов. Труды конференции. Под ред. Рудченко. – М.: Металлургия, 1985 – 480 с.
- 6 Ходерны Б. Стальные трубы. Технология производства и применение. / Б. Ходерны., З.М. Корек . – М.: Металлургия, 1979. – 280 с.
- 7 Москаленко В.А., Гуркалов П.И. Способ производства листового проката, В.А. Москаленко, П. И. Гуркалов. – М.: Металлургия, 1996. – 92 с.
8. Производство на АО "НОСТА" прокатной продукции и заготовок машиностроения/ В.А. Москаленко, Г.Н. Мулько, З.К. Шафигин, Ю. А. Сараев, В.В. Павлов, А.Н. Степашин. – М.: Металлургия, 1995. – 55 с.
- 9 Павлов В.В., Колоскова С.И., Москаленко В.А., Коломиец Е.М. Совершенствование технологии производства листового проката из стали 12Г2СБ. / В.В. Павлов, С. И. Колоскова, В. А. Москаленко, Е. М. Коломиец. Металлург, 1997. –84с .

- 10 Лахтин Ю.М. Материаловедение./ Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева. – М.: Машиностроение. 1972. – 510 с.
- 11 Штремель М.А. Перспективы качества стали, Черная металлургия России и стран СНГ в 21 веке /М. А Штремель. –М, Металлургия, 1994. – 205 с.
- 12 Москаленко В. А. Комплекс мер обеспечения качества стали для труб в северном исполнении: автореферат дис. на соискание ученой степени канд. тех. Наук / В. А. Москаленко.–М, 2000.– 102 с.
- 13 Ефименко С.П. Пути интенсификации технологии упрочнения проката. Сталь./ С. П. Ефименко, М. Л. Бернштейн. – М: Металлургия 1986.–75 с.
- 14 Потемкин В.К. Контролируемая прокатка. Термомеханическая обработка листов. Итоги науки и техники. Прокатное и волочильное производство / В. К. Потемкин, В. А. Пешков. – 2 изд. М.: 1986. – 247 с.
- 15 Инструкция по применению стальных труб в газовой и нефтяной промышленности. РАО «Газпром» Москва. 1996. –52 с.
- 16 Бриз В.Н. Охрана труда и окружающей среды. Учебное пособие для практических занятий / В. Н. Бриз – М.: МИСиС, 1986. – 130с.
- 17 СанПиН 2.2.4.548–96. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий. – М.: Издательство стандартов, 2000. – 185 с.
- 18 Горохов, Л.С. Известия вузов. Черная металлургия. / Л.С. Горохов. – М: Металлургия, 2000.– 28с.