

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой

_____ Г.Г.Михайлов

2018 г.

Совершенствование технологического процесса термообработки поковок из легированных сталей

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ-22.04.02.2018.380 ПЗ ВКР

Руководитель работы,
_____ (Корягин Ю.Д.)

2018 г.

Автор проекта студент группы П - 343
_____ (Герентьева А. А.)

2018г.

Нормоконтролер,
_____ (Корягин Ю.Д.)

2018 г.

Челябинск 2018

АННОТАЦИЯ

Терентьева А. А. Совершенствование технологического процесса термообработки поковок из легированной стали — Челябинск: ЮУрГУ, ПЗ - 343-м; 2018, 63с. - ил., библиогр. список - 12 найм., прил., - листов 2 чертежей ф. А1.

В данной работе рассмотрена технология термической обработки легированной стали за счет усовершенствования оборудования в % термическом цехе. Изучены фазовые и структурные превращения, протекающие в стали 5ХНМ при термической обработке, описаны возможные виды дефектов, появляющихся в сталях в процессе термической обработки.

В работе приведены расчеты времени нагрева стали, расчет теплового баланса электрической печи и проектировка термического участка.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

5

1. ВЫБОР МАТЕРИАЛА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОКОВОК

7

2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СТАЛИ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ.....

9

2.1 Химический состав и свойства стали 5ХНМ

9

2.2 Особенности легирования стали 5ХНМ

10

2.3 Применение и условия эксплуатации изделий из стали 5ХНМ

11

3 ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

14

3.1 Выбор и обоснование режима

14

3.2 Контроль и дефекты поковок

22

3.3 Характеристики термического оборудования

30

4. ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ПЕЧИ 31

5и ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕРМИЧЕСКОГО УЧАСТКА 46

6. СТРОИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ 50

7. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ 54

8. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В ТЕРМИЧЕСКИХ ЦЕХАХ..... 58

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

62

БИБЛИОГРАФИЯ

63

ВВЕДЕНИЕ

Значительная роль в развитии машиностроительной промышленности принадлежит термической обработке. Она является одной из основных, наиболее важных операций общего технологического цикла обработки, от правильного выполнения которой зависит качество (механические и физикохимические свойства) изготавливаемых деталей машин и механизмов, инструмента и другой продукции.

Операция термической обработки деталей является важнейшим этапом технологического процесса, включающим изменение структурночувствительных свойств деталей под действие различных температурно-временных режимов.

Термической обработкой называют процесс обработки изделий из металлов и сплавов путем теплового воздействия с целью изменения их структуры и свойств в заданном направлении. От термической обработки зависят качество и стойкость деталей и инструмента.

Основные режимы термической обработки деталей - это температура и время. При этом имеется ряд дополнительных характеристик, определяющих структурное состояние нагреваемого объекта. Например, максимальная температура, до которой нагревается объект; время выдержки объекта при одной или нескольких температурах, скорости нагрева объекта и скорости его охлаждения.

Основной целью термической обработки деталей является получение необходимой структуры и свойств материала. При термической обработке под действием температур происходят не только структурные превращения, но изменяются деформационные характеристики детали. В результате этого в детали возникают внутренние трещины, образование которых связано с тепловой энергией, затрачиваемой на нагрев, приводящий к неоднородному распределению температуры в различных точках объема детали.

В классической теории нагрева различают нагрев тонких и массивных тел, используя при этом критерий Био, являющийся отношением количества тепла, полученного поверхностью объекта, и количеством тепла, отведенного внутрь.

При больших значениях критерия Био процесс теплопередачи на поверхность от среды происходит интенсивнее, чем отвод тепла внутрь объекта. При этом возникают большие градиенты между температурами поверхности и температурами внутренних точек объекта. При малых значениях критерия Био температурный градиент уменьшается, а значит, уменьшаются температурные напряжения в процессе термической обработки.

Термическую обработку стальных деталей производят в тех случаях, когда необходимо либо повысить прочность, твердость, износостойчивость или упругость детали или инструмента, либо, наоборот, сделать металл более мягким, легче поддающимся механической обработке.

1 ВЫБОР МАТЕРИАЛА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОКОВОК

Молотовый штамп горячей штамповки работает в условиях одновременного циклического воздействия высоких температур до 500—700 С и удельных давлений до 300-900 МПа при динамическом характере нагружения, то для изготовления штампов горячего деформирования целесообразно выбрать в качестве материала легированную сталь (с 0,5%С). Выбор стали проведем по критерию механических свойств.

Для изготовления молотового штампа горячей штамповки стали 5ХГМ, 5ХНТ, 5ХНСВ рассматриваться не могут вследствие пониженной пластичности, вязкости, низкой прочности.

Механические свойства штамповых сталей при комнатной температуре (после закалки и отпуска при 550 °С):

$$\sigma_b = 1200-1300 \text{ МПа}, \delta = 10-13 \%,$$

$$* \psi = 40-45 \%,$$

$$KCU = 0,4-0,5 \text{ Дж/м}^2.$$

Примерно такими свойствами обладают все стали этого типа, исключение составляют стали 5ХГМ и 5ХНТ.

Сталь 5ХГМ имеет пониженную пластичность ($\psi = 30 \%$) и вязкость ($KCU = 0,3-0,4 \text{ Дж/м}^2$) как следствие замены никеля марганцем.

Сталь 5ХНТ, не содержащая элементов, задерживающих диффузионные процессы (молибден, вольфрам), быстрее разупрочняется и при отпуске 550°С имеет более низкую прочность, но более высокую пластичность.

Более высоким комплексом механических свойств при 600°С обладает сталь 5ХНМ. Стали 5ХГМ и 5ХНСВ превосходят сталь 5ХНМ по горячей прочности, но уступают ей по вязкости (вследствие влияния марганца и кремния). Сталь 5ХНТ не содержит молибдена или вольфрама (задерживающих процессы распада мартенсита) и имеет при 600°С пониженную прочность. Отпускная хрупкость развивается в стали 5ХНТ и не развивается в сталях 5ХНМ и 5ХНСВ (последние содержат молибден или вольфрам).

По прокаливаемости рассматриваемые стали располагаются в следующем восходящем порядке: 5ХНСВ, 5ХНМ, 5ХНТ. Молибден и вольфрам повышают термостойкость (по-видимому, вследствие измельчения зерна).

Выбрали по марочнику технологию стандартной термической обработки стали 5ХНМ: закалка от 700°C (подогрев: 700 - 750°C, закалка: 840 - 860°C) в масло, отпуск 550 °С.

Механические свойства стали 5ХНМ после улучшения со структурой отпуска — трооститно - сорбитная ($\sigma_r = 1270$ МПа и $\sigma_b = 1310$ МПа, $\delta = 12$ %, $\psi = 40$ %, КСЧ= 0,46 МДж/см², НВ = 45).

Таким образом, посредством рационального альтернативного выбора с учётом условий работы детали в качестве материала молотового штампа горячей штамповки выбрана сталь 5ХНМ.

2 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СТАЛИ 5ХНМ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Сталь 5ХНМ инструментальная легированная штампован горячего деформирования. Сталь применяется для изготовления поковок деталей общего машиностроения; молотовых штампов паровоздушных и пневматических молотов массой падающих частей свыше 3 т; прессовых штампов и штампов машинной скоростной штамповки при горячем деформировании легких цветных сплавов; блоков матриц для вставок горизонтальных ковочных машин; цельнокатаных колец различного назначения.

2.1 Химический состав и свойства стали 5ХНМ по ГОСТ 5950-2000 (масс. %) приведены в таблице 2.1

* Таблица 2.1 Химический состав по ГОСТ 5950-2000 (масс.%)

Химический элемент	%
Углерод (С)	0,5 - 0,6
Кремний (Si)	0,1 - 0,3
Медь (Сu), не более	0,3
Марганец (Mn)	0,8 - 1,0
Молибден (Mo)	0,02 - 0,03
Никель (Ni)	1,4 - 1,8
Фосфор (P), не более	0,03
Хром (Cr)	0,5 - 0,8
Сера (S), не более	0,03

Легирующие элементы влияют на положение критических точек и определяют свойства стали. Критические точки стали 5ХНМ представлены в таблице 1.2:

Таблица 1.2 Критические точки

Критическая точка	Ac1	Ac3	Ap	Ag3	Mn
°C	730	780	610	640	230

Свариваемость материала: не применяется для сварных конструкций.

Флокеночувствительность: чувствительна

Склонность к отпускной хрупкости: не склонна

2.2 Особенности легирования стали 5ХНМ

Сталь 5ХНМ характеризуется содержанием легирующих элементов.

Одним из основных легирующих элементов штамповой стали является хром (Сг). Он повышает режущие свойства и износостойкость, увеличивает прочность и прокаливаемость стали, что особенно важно для крупных пуансонов и матриц. При наличии свыше 2,5% повышает устойчивость стали против отпуска, особенно при нагреве инструмента до температур, выше 300°C. Вместе с марганцем уменьшает коробление при закалке.

Под разгаростойкостью понимают устойчивость к образованию сетки поверхностных трещин, вызываемых объемными изменениями в поверхностном слое при резкой смене температур. Это свойство обеспечивается снижением содержания углерода в стали (до 0,5 - 0,6%) для повышения пластичности, вязкости, а также теплопроводности, уменьшающей разогрев поверхностного слоя и термические напряжения в нем.

Молибден (Мо) вводится в штамповую сталь горячего деформирования для увеличения её вязкости и повышения прокаливаемости. Также молибден оказывает отрицательное влияние на окалиностойкость. Поэтому содержание молибдена в штамповых сталях ограничивается 0,5 - 0,8 %.

Марганец (Мп) вводят для повышения прокаливаемости стали. В сочетании с хромом молибден уменьшает коробление при закалке, но увеличивает склонность к перегреву.

Кремний (Si) вводят, чтобы увеличить прокаливаемость стали, повысить стойкость против отпуска.

В соответствии с указанными требованиями для штампов горячей обработки давлением применяют легированные стали с 0,3-0,6%С которые после закалки подвергают отпуску при 550-680°C на троостит или троостосорбит. Среди них следует выделить несколько групп, обладающих в наибольшей степени теми свойствами, которые необходимы для определенных условий эксплуатации.

Крупные ковочные (молотовые) штампы, испытывающие повышенные ударные и изгибные нагрузки, а также инструмент ковочных машин и прессов, нагреваемых не выше 500-550°C при умеренных нагрузках, изготавливают из полутеплостойких сталей 5ХНМ, обладающих повышенной вязкостью.

Сталь 5ХНМ прокаливается полностью в блоке 400x300x300 мм. Закалка штампов производится в масле. Отпуск крупных штампов проводится при температуре 550-580°C (HRC35-38), а мелкие при 500-540°C (HRC 40-45).

2.3 Применение и условия эксплуатации поковок из стали 5ХНМ

Основные технологические операции горячего деформирования можно разделить на несколько групп: объемная штамповка (прессование, высадка, калибровка, чеканка и др.), формовка, гибка, резка, свободная ковка на молотах. Наиболее «жесткое» температурно-силовое воздействие в процессе эксплуатации, как правило, испытывают рабочие части штампов объемного деформирования, поэтому основное внимание будет уделено именно этой группе инструментов. Примеры нагрузок штампов можно рассмотреть на рисунке 2.1.

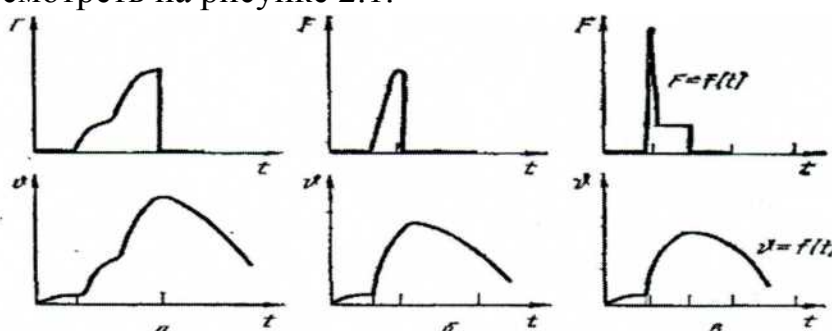


Рисунок 2.1 - Механические и термические нагрузки штампов: а - гидравлический пресс; б - фрикционный пресс; в - свободно падающий молот.

При горячей объемной штамповке используется оборудование, которое характеризуется как отличительными конструктивными признаками, так и скоростью деформирования (гидравлические, кривошипные, фрикционные и гидровинтовые прессы, молоты, горизонтально-ковочные машины и т.д.):

Прессовые инструменты, которые работают в условиях сравнительно медленного нагружения (0,5 - 2,5 м/с), что приводит к длительному контакту с заготовкой и соответственно к значительному разогреву их поверхности;

Молотовые штампы, работающие в условиях ударного нагружения (5-8 м/с); при этом их поверхность вследствие кратковременного контакта инструментов с заготовкой разогревается до более низких температур, чем поверхность прессовых инструментов;

Инструменты для высокоскоростного деформирования (нагружение до 30 м/с), претерпевающие высокие ударные нагрузки и удельные давления; для них характерна кратковременность теплового и силового воздействия (время деформирования на скоростных молотах и гидровинтовых прессах составляет 0,001-0,06 с, на штамповочных молотах - 0,012-0,014 с, на прессах - 0,1-0,4 с).

Общими для штампов указанного назначения являются следующие признаки:

Высокий разогрев штамповых инструментов в процессе работы. Средняя температура поверхностных слоев (толщиной до 0,6-1 мм) штампов, скоростных молотов и прессов в наиболее нагруженных участках гравюры при штамповке жаропрочных и других трудно деформируемых материалов может достигать 650-750°C. Основная масса штампа остается прогретой до 200-400°C, а контактные поверхности рабочих частей штампов толщиной в несколько микрометров во многих случаях разогревается до 900-1000°C. Максимальные температуры разогрева поверхностных слоев рабочих частей молотовых штампов составляют 500-650 С.

Одновременное воздействие циклически изменяющихся температур и давлений. Наложение «рабочих» (т.е. обусловленных сопротивлением деформированию) и термических напряжений в сочетании с конструктивно неизбежными (резкие переходы, местные углубления и т.п.) и технологическими (подрезы, риски) концентраторами напряжений способствует возникновению в теле штампа сложного напряженного состояния. Наличие значительных температурных градиентов по сечению инструментов, а также циклический характер теплового воздействия в сочетании с циклически

изменяющимися напряжениями (вызывающими развитие пластической деформации в микрообъемах) способствуют значительному возрастанию скорости диффузионных процессов и существенно ускоряют тепловое разупрочнение и соответственно выход инструментов из строя.

Высокие удельные давления на поверхностные слои. Величина удельного давления на инструмент при горячей штамповке зависит от вида штампуемого материала, температуры нагрева, конфигурации детали, качества смазки, степени удаления окалины, величины износа штампа и т.д. При деформировании на прессах средние значения q могут колебаться от 100-200 МПа (углеродистые и низкоуглеродистые стали) до 300-500 МПа (нержавеющие и жаропрочные стали, сплавы титана), возрастая в 1,5 - 3 раза в наиболее нагруженных участках гравюры вследствие концентрации напряжений. Воздействие еще более высоких удельных давлений (до 1000-1500 МПа при обработке специальных материалов) испытывают рабочие поверхности молотовых штампов (вставок), что обусловлено возрастанием сопротивления деформированию вследствие затрудненности протекания рекристаллизационных процессов в сталях (сплавах) при увеличении скорости нагружения.

3 ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

3.1 Выбор и обоснования режима

Термическая обработка является самым распространенным способом управления свойствами металлических материалов; в машиностроении ей подвергается до 40% потребляемой стали. Термическая обработка состоит из трех этапов: нагрева до заданной температуры; выдержки для прогрева материала по всему объему и завершения фазовых превращений; охлаждения до комнатной температуры с определенной скоростью (решающими являются температура нагрева и скорость охлаждения). Желаемое изменение свойств материалов может быть в очень широких пределах; например, сталь становится пластичной и низкопрочной после отжига; эту же сталь можно сделать твердой, прочной и малопластичной с помощью закалки.

К основным видам термической обработки относятся: отжиг, закалка, отпуск и старение.

В зависимости от места в технологическом процессе термической обработки подразделяется на предварительную и окончательную.

Поскольку деталь поступает на термообработку практически с готовыми размерами, то с целью уменьшения коробления при закалке, необходимо провести предварительную термическую обработку.

К технологическим задачам предварительной термической обработки относятся:

1. Улучшение технологичности при производстве деталей обработкой резанием, холодной и горячей пластической деформацией;
2. повышение точности геометрии изделий за счет уменьшения коробления и деформации при окончательной термической обработке. Ускорение процессов диффузии при окончательной термообработке;
3. улучшение свойств готовых деталей путем воздействия на микроструктуру.

Следовательно, создание технологических процессов предварительная термообработка улучшает свойства готовых изделий и облегчает условия их изготовления в производстве.

Предварительная термообработка для улучшения обрабатываемости резанием сплавов используется с целью повышения производительности труда при выполнении этой операции. Обрабатываемость материалов резанием в основном характеризуется силой и скоростью резания, качеством обрабатываемой поверхности, видом образующейся стружки. Все эти факторы зависят от свойств обрабатываемого материала, которые определяются его структурой. При этом микроструктура является основным фактором, влияющим на обрабатываемость.

Закалка стали — это в большинстве случаев получение мартенсита с максимальной прочностью и твердостью. Она включает в себя нагрев до температуры выше A_{c1} или A_{c3} , выдержку при этой температуре для завершения структурных и фазовых превращений и последующее ускоренное охлаждение.

При закалке охлаждение сталей, предварительно нагретых до аустенитного состояния, со скоростью равной или более критической, приводит к резкому повышению предела прочности, предела текучести и снижению относительного удлинения, ударной вязкости, что обусловлено образованием в материале структуры мартенсита.

Процесс образования данной структуры, сопровождающийся неравномерностью охлаждения поверхностных и внутренних слоев материала, возрастанием удельного объема структуры до максимального, искажением кубической решетки α -железа из-за пересыщения углеродом до тетрагональной, вызывает появление высоких внутренних остаточных напряжений разного рода, что при значительной твердости мартенсита приводит к нежелательной хрупкости закаленных сталей. Поэтому для улучшения свойств закаленных сталей применяют последующую термическую обработку - отпуск, которая позволяет неравновесные структуры мартенсита и остаточного аустенита перевести в более устойчивое состояние - мартенситно-карбидные или феррито-цементитные смеси. Таким образом, целью отпуска является получение более равновесной, необходимой структуры стали с требуемыми механическими свойствами и низкими внутренними напряжениями. Отпуском называется вид термической обработки, заключающийся в нагреве закаленной стали до температур, лежащих ниже критической точки A_{c1} в выдержке

стали при заданной температуре и последующем охлаждении на воздухе.

Характер и скорость распада мартенсита и остаточного аустенита, конечная структура и свойства стали, уменьшение внутренних напряжений обусловлены конкретными температурами, определяющими четыре основных превращения в стали при отпуске, на основании которых разработаны и применяются в практике машиностроения при термообработке закаленных сталей три вида отпуска: низкотемпературный (низкий), среднетемпературный (средний) и высокотемпературный (высокий).

Низкий отпуск, проводимый при температурах 150-250°C, несколько улучшает вязкость закаленной стали без заметного снижения твердости в результате изменения тетрагональности решетки α -железа за счет частичного выхода элементарного углерода с последующим образованием мельчайших частичек карбидов железа Fe_2C , еще полностью необособившихся от решетки мартенсита - когерентная связь. Для этого вида связи характерно наличие общих отдельных кристаллографических плоскостей, принадлежащих решетке мартенсита и решетке карбидов.

Образовавшаяся структура называется отпущенным мартенситом, который отличается от мартенсита закалки меньшей концентрацией углерода и наличием пластинчатых карбидных частиц, когерентно связанных с решеткой мартенсита.

Низкий отпуск обеспечивает твердость порядка 60HRC и высокую износостойкость поверхностных слоев стали; при этом имеет место частичное снижение внутренних остаточных напряжений, повышение ударной вязкости, что уменьшает склонность стали к хрупкому разрушению.

Низкому отпуску подвергают режущий и измерительный инструмент; детали, прошедшие поверхностную обработку - закалку, цементацию; изделия, работающие в условиях трения сопряженных деталей. При температуре 250-350°C происходит превращение остаточного аустенита в отпущенный мартенсит, что приводит к значительному снижению ударной вязкости - появлению нежелательной хрупкости материала. Поэтому в интервале этих температур отпуск сталей, как правило, не производят.

Средний отпуск проводится в интервале температур 350-480(500)°С. С повышением температуры до 400°С в углеродистой закаленной стали полностью завершается процесс выделения углерода из мартенсита. Мелкодисперсные частицы карбида - Fe₂C преобразуются в Fe₃C; их когерентная связь с решеткой мартенсита нарушается. Структура стали будет состоять из феррита и цементита. Последующий нагрев до максимальных температур этого вида отпуска приводит к росту частиц цементита и изменению их формы (начало процесса коагуляции и сфероидизации). Одновременно начиная с 400°С начинается укрупнение пластинок феррита. В результате среднего отпуска структура закаленной стали будет представлять мелкодисперсную смесь феррита и цементита, которая называется троостит отпуска. Полное выделение углерода из мартенсита обуславливает снятие внутренних напряжений, связанных со структурными превращениями при закалке, а начавшийся процесс укрупнения цементита и феррита, сопровождающийся снижением твердости (40-50 HRC) и, следовательно, повышением пластичности, предопределяет высокие пределы упругости и выносливости, релаксационную стойкость стали.

Средний отпуск применяют для деталей, работающих в режиме изменяющихся нагрузок: рессоры, пружины, торсионы, штампы.

Высокий отпуск выполняют при 500-680°С. Нагрев выше 500°С усиливает коагуляцию и сфероидизацию частиц цементита; образования феррита еще больше укрупняются и становятся равноосными. В результате образуется смесь сорбита отпуска. Для полученной структуры характерно еще большее снижение твердости (30-45 HRC), существенное повышение предела прочности при растяжении, относительного сужения и особенно ударной, вязкости, почти полное (90-95%) устранение всех внутренних напряжений (1-2 часа выдержки при 550-600°С).

Высокому отпуску подвергается большое количество наиболее нагруженных деталей машин, испытывающих знакопеременные и ударные нагрузки - валы, оси, зубчатые колеса, шатуны, элементы теплосилового оборудования. Высокий отпуск обеспечивает одновременно значительную пластичность конструкционной стали при повышенной, по сравнению с нормализацией и отжигом, прочности. Поэтому

термическую обработку, состоящую из закалки и последующего высокого отпуска, называют улучшением, которому подвергают среднеуглеродистые стали для уменьшения чувствительности к концентраторам напряжений, снижения температуры порога хладноломкости.

При температурах, близких к A_{c1} (650-700°C), частицы цементита настолько укрупняются, что образуется крупнозернистая феррито-цементитная смесь - перлит отпуска (зернистый перлит). Для структур среднего и высокого отпуска (троостит, сорбит), с округлой зернистой формой цементита, характерна повышенная вязкость при почти одинаковой прочности с подобными структурами, которые сформировались в результате распада переохлажденного аустенита и имеют пластинчатую форму цементита.

Отпуск является единственным окончательным видом термообработки закаленной стали, температурные интервалы которого, обуславливая особенности превращения мартенсита и остаточного аустенита при нагреве, создают в материале комплекс свойств практической целенаправленности.

Свойства стали 5ХНМ иллюстрируются графиком, приведенным на рисунке 3.1, где видно влияние температуры отпуска на свойства этой стали, а также температуры испытания для стали, закаленной и отпущенной при 550°C (применен нормальный режим термической обработки штампов из этой стали). Из приведенного графика следует, что прочность снижается с повышением температуры отпуска, а пластичность и вязкость возрастают; повышение температуры испытания влияет в том же направлении.

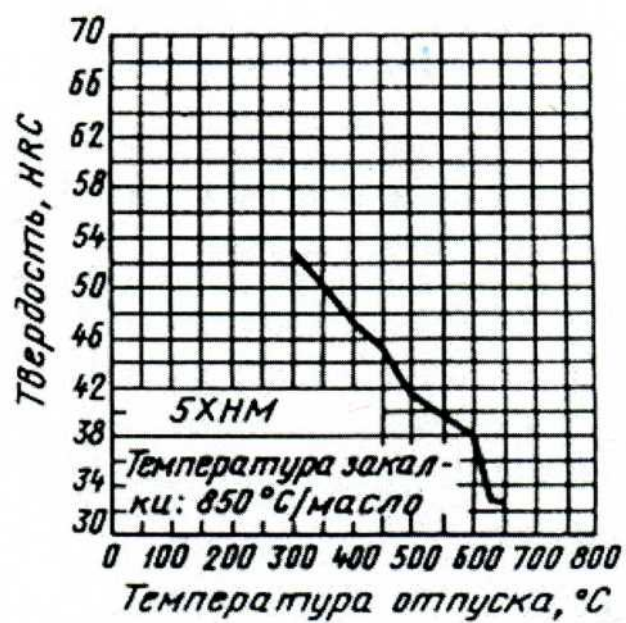


Рисунок 3.1 Свойства стали 5ХНМ в зависимости от температуры отпуска и твердости

Таблица 3.1 Критические точки стали 5ХНМ

Марка стали	Критические точки, °C		Температура нагрева под закалку, °C
	Ас ₁	Ас ₃	
5ХНМ	720	820	820-860

По прокаливаемости стали располагаются в следующем нисходящем порядке: 5ХНСВ, 5ХНМ, 5ХНТ.

Молибден и вольфрам повышают термостойкость (по-видимому, вследствие измельчения зерна).

Послековки кубики отжигают по изотермическому режиму (аустенитизация) 850—880°C, охлаждение до 600—650°C, выдержка до окончания распада аустенита.

После правильно проведенного отжига твердость должна составлять 3,9- 4,3 мм отпечатка Бринелля.

Закалка и отпуск штампа - весьма ответственные и сложные операции, особенно если принять во внимание большой размер изделия. Нагрев для закалки проводят на 20-40°C выше точки Ас₃, что видно из таблицы 3.1

Кубики следует загружать в закалочную печь, нагретую до температуры не выше 650°C. После выдержки в течение 1-2 ч, температура в печи после

нескольких часов поднимается до заданной, затем вновь следует выдержка продолжительностью несколько часов (для кубиков высотой менее 400 мм возможна посадка их прямо в печь, разогретую до температуры закалки). Скорость подъема температуры и время выдержки зависят от размера штампа, его конфигурации, количества штампов в печи и конструкции печи (электрическая или газовая печь).

Например, штамп размером 250x400x500 мм должен нагреваться с печью от 650 до 850°С в течение 7-8 ч и при 850° С необходимая выдержка 1,5-2 ч. Если штамп имеет длину вдвое больше (500x800x1000), то время подъема температуры возрастает до 20 ч, а время выдержки до 4-5 ч. При таких значительных выдержках при высоких температурах должны быть приняты специальные меры, предохраняющие поверхность штампа от окисления и обезуглероживания (применяют специальные засыпки и обмазки). Штампы охлаждают в масле. Лучшие результаты дает ступенчатая закалка.

Таблица 3.2 Температура отпуска и твердость молотовых штампов из стали 5ХНМ

Размер (высота) штампа, мм	Температура отпуска, °С	Продолжительность отпуска, ч	Твердость НВ
250-300	480-510	9-11	387-444
300-400	520-540	11-15	363-387
400-600	550-580	15-22	302-341

Очевидно, для термической обработки штампов цех должен быть оборудован соответствующими печами, большими закалочными баками, подъемными и транспортными средствами. Сразу же после закалки, как только штамп охладился до 100—150°С, его переносят в печь для отпуска.

Режим отпуска и соответствующую рабочую твердость выбирают на основании практических данных о стойкости штампов, отпущенных при разных температурах.

Как правило, чем

меньше размер штампа, тем выгоднее иметь более высокую твердость. Можно ориентироваться на температуры отпуска и значения твердости, приведенные в

таблице 3.2.

Продолжительность выдержки при отпуске, естественно, тем больше, чем больше размер штампа (чтобы прогреть насквозь штампы). Кроме общего отпуска, хвостовик штампа дополнительно отпускают при более высокой (выше примерно на 100°C) температуре, чтобы его твердость была ниже, чем твердость рабочей части, на HB 60-90.

При этом способе закалки основные структурные превращения аустенита в мартенсит происходят при пониженных температурах. Вследствие снижения температуры уменьшается объем стали, а превращение аустенита в мартенсит увеличивает объем стали. Кроме того, охлаждение до низких температур 20- 50°C вызывает снижение пластичности стали. Эти причины увеличивают деформацию и изменяют объем стали, что приводит иногда к трещинам непосредственно при закалке или с течением времени при эксплуатации.

Деталь вставка небольших размеров, поэтому подогрев не обязателен.

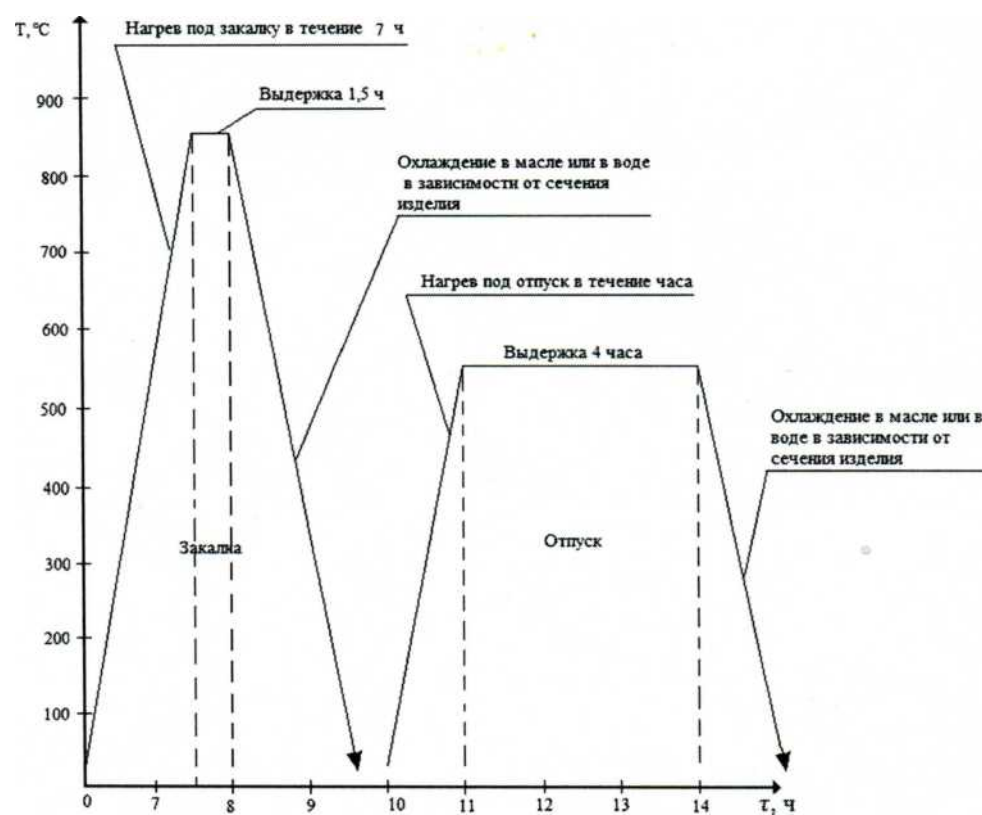


Рисунок 3.2 Процесс термической обработки для стали 5ХНМ

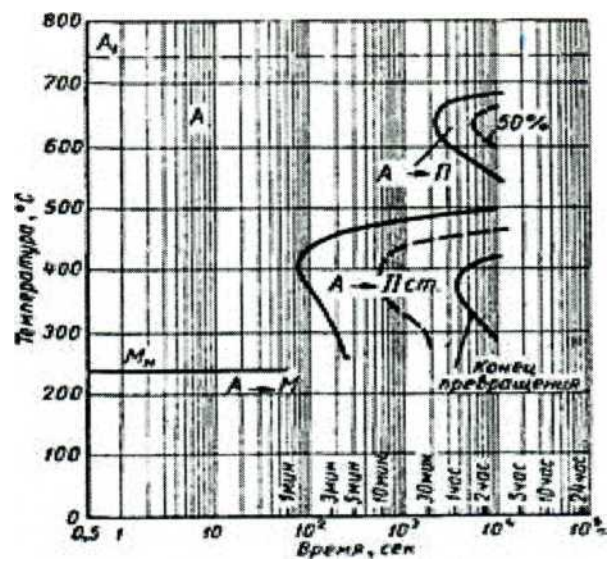


Рисунок 3.3 Диаграмма изотермического распада аустенита стали 5ХНМ

3.2 Контроль и дефекты поковок

В кузнях не машиностроительных предприятия, как правило, нет контролеров. Поэтому кузницы сами должны уметь контролировать качество выполняемых ими поковок и обнаруживать хотя бы внешние дефекты на них.

Контроль поковок состоит в том, чтобы на любой стадии изготовления поковок обнаруживать отклонения или дефекты, которые приводят к искажению форм и размеров, ухудшению прочностных показателей и обрабатываемости поковок резанием. Для этого необходимо осматривать заготовки с целью обнаружения внешних дефектов в виде трещин, волосовин и др., при этом можно использовать лупы.

Нужно следить за устранением заусенцев после отрубки заготовок, за режимами нагрева и правильностью выполнения каждого перехода, прохода, кантовки, силы и частоты ударов кувалдой или молотком.

Требуется контролировать размеры и форму горячих поковок измерительным инструментом и шаблонами в процессековки и проверять правильность выбранного режима охлаждения.

Необходимо проводить внешний осмотр поковок на отсутствие окалины, особенно с поверхностей, которые будут обрабатываться резанием, и с целью обнаружения внешних дефектов, получающихся послековки, в виде трещин, расслоений, раковин, рванин, зажимов и др.

Контроль над правильностью выполнения операций термической и химико-термической обработки поковок или деталей следует выполнять особенно тщательно, так как неправильная термообработка резко снижает работоспособность деталей.

Нужно осматривать поковки с целью обнаружения внешних дефектов в виде трещин и короблений после термической обработки.

После термической обработки следует проводить окончательный контроль размеров и формы поковок.

Контроль нагрева металла следует выполнять специальными приборами и только при отсутствии их пользуются визуальными способами по цветам каления и цветам побежалости. В кузницах можно применять следующие приборы и устройства.

Оптический пирометр предназначен для замера температуры нагрева металла 700...2000 °С. Этим пирометром можно определять температуру нагрева металла в горне и в печи. Так же можно использовать фотоэлектрические и радиационные пирометры.

Термопара (термоэлектрический пирометр) является стационарным прибором и в основном используется в нагревательных печах. В зависимости от пары спаянных металлов термопары позволяют определять температуру до 800, 1300, 1600°С.

Ртутные термопары позволяют измерять температуру до 500°С и используются для определения температуры жидкостей в закалочных баках, нагрева металла для низкого отпуска и скорости охлаждения деталей после термической обработки.

Твердость термически обработанных деталей приближенно можно определять с помощью напильников. Для этого в тисках зажимают деталь с сухими и чистыми поверхностями и опиливают ее плавными движениями, достаточно сильно нажимая напильником на деталь.

Рисунок 3.4 Прибор для приближенного определения твердости металла

Если напильник скользит по поверхности детали, то она имеет большую твердость, если напильник только слегка «берет» поверхность детали — деталь менее твердая, а если напильник опиливает деталь — она имеет еще меньшую твердость. Следует иметь в виду, что узкую поверхность опиливать легче, чем широкую.

Для оценки твердости деталей применяют специальные напильники двух групп твердости.

Напильники I группы обеспечивают сцепление (напильник слегка «берет») с контрольной пластинкой, имеющей твердость HRC 57...59, и не имеют сцепления с контрольной пластинкой твердостью HRC 59...61.

Напильники II группы обеспечивают сцепление с пластинкой твердостью HRC 59...61 и не сцепляются с пластинкой твердостью HRC 61...63. Сравнивая взаимодействие напильника с контрольными пластинками, а затем с деталью, можно приближенно судить о твердости детали.

Прибор Польди (рис. 3.5) переносной и может быть использован непосредственно в кузницах.

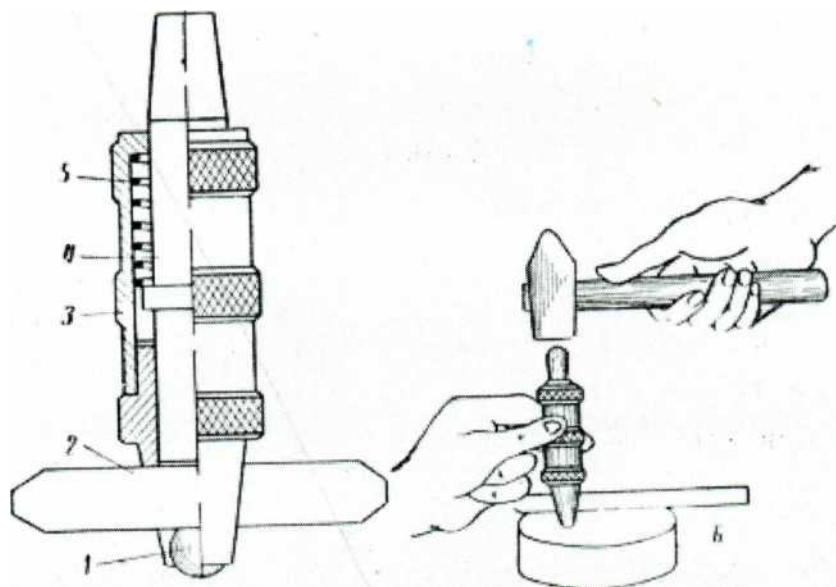


Рисунок 3.5 Прибор Польди:

1 - стальной шарик; 2 - эталон (прямоугольная пластина); 3 — гайка; 4 - ударный стержень; 5 - пружина; 6 - исследуемый материал

Твердость эталона заранее известна. Пользуются прибором так, эталон надевают на гайку и прибор устанавливают на шарик, положенный на деталь. Затем молотком наносят удар по бойку и получают отпечатки шарика на поверхностях эталона и детали. Сила удара была одинаковой для эталона и детали, отпечатки от шарика

будут не одинаковыми при различной твердости эталона и детали. Чем тверже металл, тем меньше площадь отпечатка на нем. Сравнивая площади отпечатков на поверхностях эталона и детали и пользуясь специальными таблицами, определяют твердость детали.

Твердость по Бринеллю и по Роквеллу проверяют в лабораторных условиях на специальных прессах и приборах, что практически недоступно для кузниц. Однако при необходимости ее можно определить на ближайших машиностроительных предприятиях или в крупных механических мастерских, имеющих такое оборудование.

Механические свойства (предел выносливости, предел текучести, ударную вязкость и др.) также проверяют на специальном оборудовании.

Внутренние дефекты в поковках можно определять только в лабораториях на специальном оборудовании. При этом используются следующие методы:

ультразвуковая, рентгенодефектоскопия и гамма-дефектоскопия, капиллярная дефектоскопия и др.

К независящим от кузнеца относятся дефекты исходного металла:

1. внешние - из них могли быть не обнаружены при осмотре заготовок или были невидимыми, например волосовины, а в процессековки раскрылись.
2. внутренние, например, флокены или неметаллические включения находятся в середине металла и обнаруживаются только при разрезке его. Однако они не всегда могут попасть в плоскость разреза.

К зависящим от кузнеца относятся дефекты, получающиеся в результате несоблюдения режимов нагрева и охлаждения заготовок и поковок, применения неисправного инструмента и нарушения приемовковки на различных операциях, нарушения режимов термообработки и др.

К исправимым дефектам относятся небольшие трещины, зажимы, складки, вмятины, плены с глубиной в пределах припусков на механическую обработку, а также перегрев и небольшие коробления.

К неисправимым дефектам относятся глубокие трещины, крупные складки и зажимы, вмятины глубже припусков, пережог металла, получение поковок с уменьшенными размерами относительно заданных на чертеже, растрескивание после термообработки и др. Поковки с такими дефектами перековываются или бракуются и отправляются на переплавку.

Заусенцы, образовавшиеся при разделке металла на торцах заготовок, надо обязательно удалять, так как об них можно поранить руки, а при последующей ковке заготовки их можно заковать внутри поковки или снаружи может образоваться дефект в виде плен и других поверхностных дефектов.

Вмятины чаще всего являются результатом неаккуратной работы кузнеца, например, из-за заковки в тело заготовки окалины, ударов кувалдой или молотком по гладкой поверхности поковки и др. Вмятины увеличивают припуски на механическую обработку или приводят к окончательному браку, если глубина их будет превышать припуск.

Расслоение чаще всего возникает при ковке исходного металла с низким качеством, недостаточном нагреве и интенсивной деформации. Расслоение, как правило, охватывает большой объем металла и имеет значительную глубину. Этот дефект практически неисправим.

Размеры поковки могут получиться с большими отклонениями от чертежных, из-за неточного определения исходной заготовки или недостаточного умения кузнеца.

Способы исправления внешних дефектов можно разделить на три группы.

К первой группе относятся способы, исправляющие дефекты снятием значительного слоя металла с поверхностей поковок или нанесением дополнительного слоя металла на них. Ко второй — способы, исправляющие дефекты дополнительным пластическим деформированием. К третьей — способы исправления структуры металла термической обработкой.

К способам исправления дефектов первой группы относятся следующие:

Зачистку выполняют вручную напильником или бруском, на наждачных станках или зачистных машинах. При этом устраняют заусенцы, вмятины, зажимы и другие внешние дефекты, обнаруженные на поверхностях заготовок и холодных поковок. При устранении внешних дефектов зачисткой на заготовках снимаемый слой металла может быть достаточно большим, а поковки считаются годными для последующей механической обработки, если этот слой будет не более припуска.

Вырубку и отрубку выполняют зубилом, специальными кузнечными топорами, пневматическими зубилами и другими инструментами. Вырубкой устраняют все, перечисленные выше, внешние дефекты. Вырубку и отрубку можно выполнять как в

холодном, так и в горячем состоянии заготовок и поковок. Следует иметь в виду, что полученная при вырубке выемка тоже является повреждением металла, но это повреждение при ковке не будет распространяться внутрь него и не останется в виде пустоты, трещины или другого дефекта. Это достигается при выполнении операции удаления дефектов, когда получают плавные переходы и закругления кромок у выемок, а в началековки выемку расковывают вширь, чтобы не создать нового дефекта в виде зажима или складки.

Если внешние дефекты начали появляться в процессековки, то их необходимо устранять немедленно, не дожидаясь концаковки и охлаждения поковки, так как продолжениековки с дефектом может привести к увеличению дефекта или скрыть его.

Заварку выемок после вырубкиглубже припуска применяют преимущественно для исправления дефектов на поковках из низкоуглеродистых сталей. При этом подготавливаемые для заварки места должны быть зачищены до блеска. По окончании заварки эти места очищают от шлака и зачищают напильником или наждаке. После этого поковку подвергают термической обработке (нормализация, отжиг, отпуск) с целью снятия внутренних напряжений, образовавшихся во время заварки.

К способам исправления дефектов второй группы относятся следующие.

Проглаживание выполняют с целью выравнивания поверхностей поковок и доведения формы и размеров поковок до чертежных.

Правку применяют для устранения различных видов кривизны, образующейся чаще у длинных поковок. Правят поковки в холодном и горячем состояниях на наковальнях, кузнечными молотами или на правильных плитах.

Перековку применяют тогда, когда поковка получилась с отклонениями формы и размеров от заданных чертежом. Ее перековывают на одну-две поковки меньших размеров или протягивают и раскатывают на большую поковку.

К способам исправления дефектов третьей группы относятся различные виды дефектов термической обработки, при которых получают направленное изменение структуры металла, например, исправление структуры поковки из перегретого металла и различных дефектов, образовавшихся в результате нарушения режимов термической обработки.

Дефекты при термической обработке могут быть следующими.

Малая твердость металла, т.е. меньше установленной чертежом, получается из-за неправильно выбранного или проведенного режима термообработки.

Например, нагрев под закалку не доведен до требуемой температуры и не было выдержки при закалочной температуре, завышена температура отпуска.

Чтобы правильно выбрать режим нагрева термообработки, требуется знать содержание углерода в стали с точностью до 0,1% и правильно выбрать охлаждающую среду. Массивные поковки надо охлаждать только в проточной жидкости.

Малая твердость на отдельных местах объясняется местным обезуглероживанием поверхности поковки или детали или неправильным положением их при охлаждении в жидкости. Этот дефект можно исправить повторной закалкой и отпуском.

Закалочные трещины появляются вследствие внутренних напряжений, которые возникают в детали при быстром охлаждении ее. Эти напряжения тем больше, чем больше разница толщин у детали и чем резче переходы от больших сечений к меньшим. Закалочные трещины являются причиной разрушения деталей. Этого дефекта можно избежать, изменяя режим термообработки, например, повышая температуру охлаждающей жидкости, обмазывая резкие переходы или увеличивая плавность переходов.

При закалке деталей сложной формы с малыми сечениями вместо воды применяют масло или обычное охлаждение заменяют прерывистой закалкой — «через воду в масло».

Если деталь, имеющая отверстия, изготовлена из углеродистой стали и ее надо закалить в воде, то перед закалкой отверстие забивают сухим асбестом.

Это предохраняет деталь от растрескивания.

Если деталь не имеет трещин после закалки, но возможно образование их, то появление трещин можно предупредить проведением отпуска немедленно после закалки с достаточной выдержкой при температуре для отпуска.

Коробление появляется при быстром нагреве деталей сложной формы и неравномерном поверхностном нагреве плоских деталей, а также при неправильном положении детали в охлаждающей жидкости. Например, при нагреве лемехов плуга более прогретая сторона увеличивается в объеме больше, чем другая, менее прогретая. Поэтому такие детали следует нагревать с малой скоростью или ступенчато с выдержкой на каждой ступени для выравнивания температуры по всему

сечению детали.

При закалке тонких деталей их необходимо погружать в жидкость вертикально. Очень тонкие детали с большой площадью желательно охлаждать в специальном приспособлении зажатými между плитами.

3.3 Характеристики термического оборудования

Термическое оборудование, применяемое для нагрева под закалку, и старение алюминиевых литейных сплавов должно обеспечивать равномерное температурное поле в продольном и поперечном направлениях нагревательной камеры и исключить воздействие лучистой энергии на отливки.

Разница в температурах нагрева экранов и атмосферы печного пространства не должна превышать 50 С во избежание дополнительного прогрева садки за счет излучения от экрана.

Оборудование термических цехов делится на основное и вспомогательное, непосредственно не связанное с технологическим процессом термической обработки.

Печи для термической обработки классифицируются по различным признакам:

- 1) по технологическому признаку (нагрев под закалку, отжиг, старение);
- 2) по конструктивному признаку (печи периодического действия, камерные, шахтные, печи непрерывного действия, толкательные и др.);
- 3) по виду обогрева (электрические, газовые);
- 4) по характеру передачи тепла (лучеиспускание, конвекция и др.).

Низкотемпературные электрические печи могут быть периодического и непрерывного действия с обязательным применением искусственной циркуляции атмосферы.

К печам периодического действия относятся камерные печи с плоским неподвижным подом, камерные печи с выдвижным подом, вертикальные печи с выдвижным подом, различные шахтные печи.

4 Тепловой расчет печи

Нагрев металла является одной из главных операций термической обработки, характеризуемой температурой, продолжительностью нагрева и скоростью охлаждения.

Интенсивность теплообмена между твердым телом и окружающей средой принято характеризовать коэффициентом теплоотдачи a .

Учитывая сложность теплового процесса на поверхности нагреваемого изделия, коэффициент теплоотдачи считают сложной величиной, которая равна сумме коэффициентов теплоотдачи лучеиспусканием $a_{луч}$ и конвекцией $a_{конв}$:

$$\alpha = \alpha_{луч} + \alpha_{конв} \quad (4.1)$$

Для расчета продолжительности печи необходимо знать величину коэффициента теплоотдачи и температуру печи.

После загрузки холодного изделия в печь происходит интенсивный нагрев его поверхностных слоев. Нагрев центральных слоев протекает с меньшей скоростью из-за термического сопротивления изделия. Изменяясь по величине, он может сохраняться в течении всего времени нагрева изделия.

Величина перепада температуры по толщине изделия зависит от отношения термического сопротивления изделия к термическому сопротивлению передачи тепла к его поверхности. Чем больше указанное отношение, тем больше перепад температуры по толщине изделия. В теории теплообмена отношение внутреннего термического сопротивления к внешнему термическому сопротивлению на его поверхности определяется числом Био:

$$Bi = \frac{aR}{\lambda} \quad (4.2)$$

где a - коэффициент теплоотдачи, R - половина толщины изделия, λ - коэффициент теплопроводности металла.

Если величина Био близка к нулю, то термическим сопротивлением изделия можно пренебречь, и его отношение определяется только внешним теплообменом. Такие изделия называются «тонкими» в тепловом отношении в отличие от «массивных», температурный перепад в которых соизмерим с температурным напором на их поверхности.

Нагрев осуществляется в электрической печи. В электрических печах без искусственной циркуляции воздуха основным видом теплообмена, определяющим нагрев изделий, является обмен лучеиспусканием. Конвективный теплообмен в результате свободного движения воздуха около поверхности нагреваемого изделия имеет небольшую интенсивность, и коэффициент теплоотдачи конвекцией в нагревательной камере печей сопротивления приблизительно может быть принят равным 10... 15 Вт/(м² • К).

Коэффициент теплоотдачи лучеиспусканием в общем случае определяется по формуле [4]:

$$\alpha = C_{np} \frac{\sigma \cdot 100}{\sqrt{100}} \frac{T_n^4 - T_{MK}^4}{T_n^4 - T_{MK}^4} \quad (4.3)$$

где C_{np} - приведенный коэффициент излучения, T_n - температура печи, К; T_{MK} - температуры соответственно металла в начале и в конце нагрева, К.

$$C_{np} = \frac{C_0}{\frac{1}{\epsilon_m} + \frac{F_m}{F_n} \cdot \left(\frac{1}{\epsilon_n} - 1 \right)} \quad (4.4)$$

где $C_0 = 5,67 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$ - константа излучения абсолютно черного тела;

$\epsilon_m = 0,55$ - степень черноты нагреваемого металла;

ϵ_n - степень черноты кладки печи;

F_m -тепловоспринимающая поверхность нагреваемого металла: $F_m = 2 \cdot U \cdot R \cdot l = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,03 \cdot 600 = 0,005 \text{ м}^2$

Так как тепловоспринимающая поверхность нагреваемого металла много меньше поверхности нагревательной камеры печи, то вторым слагаемым в знаменателе можно пренебречь.

Температуру печи принимаем на 20°С больше температуры металла под закалку:

$$T_n = (t_{MK} + 20) = (1123 + 20) = 1143 \text{ К}$$

Начальная температура детали $t_{MH} = 20^\circ\text{С}$ конечная температура детали

$$t_{MK} = 850^\circ\text{С}.$$

T_n - температура печи, К;

T_{mk} - конечная температура загрузки, К; T_{mn} - начальная температура загрузки, К;

c - удельная теплоемкость загрузки: $c = 16 \text{ БДж / кг } \cdot \text{ К}$;

G - масса загрузки: $G = \rho \cdot V = 3,14 \cdot 5326 \cdot 7,7 = 289,737 \text{ кг}$

F - тепловоспринимающая поверхность загрузки, м^2 ;

C_{np} - приведенный коэффициент излучения, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$;

ψ — функция отношения температуры загрузки к температуре печи. Значения

функции tr могут быть определены по графику, изображенному на рисунке 4.4.

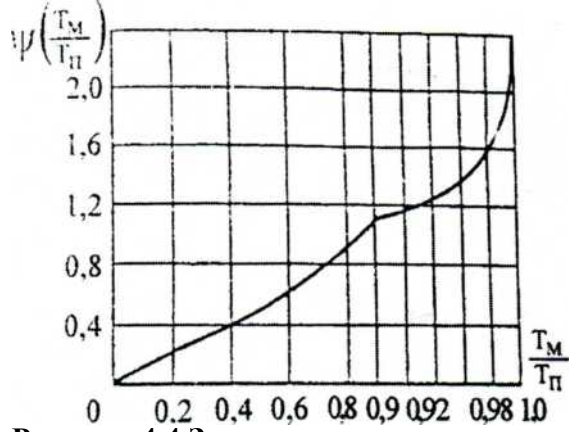


Рисунок 4.4 Зависимость $i_p(T_M/T_n)$ от T_M/T_n [1]

1000

1000

* При расчетах времени нагрева тонких изделий, нужно принимать во внимание способ их укладки в печи и расстояние между ними.

Конечное время складывается из времени нагрева и времени выдержки, которое равно 2,2-г.,

Таким образом, время нагрева:

$$\text{выдержки} = 290 + 12 \cdot 6 = 302,6 \text{ мин}$$

Тепловой расчет печи сводится к составлению теплового баланса, который представляет собой уравнение, связывающее приход и расход тепла. Статьи (4.6) прихода энергии в электрической печи сопротивления является теплота, выделяющаяся в нагревательных элементах, которая является суммой всех расходных статей теплового баланса печи.

Расходные статьи.

1 Полезное тепло, расходуемое на нагрев металла

$$Y_M = \frac{C_M (t_{MK} - t_{MH}) G}{T_n}$$

где G - масса изделий, кг; t_n - время нагрева изделий в печи, с.

$$\frac{Q}{m} = \sim \blacksquare C_{,,} \cdot \langle \rangle, - O = 240 \blacksquare 364.25 \cdot (850 - 20) = 30985 \text{ Вт}$$

$$Q_{кл} \sim Q_{бок.ст} \sim \text{Яторц ст } Q_{свода} Q_{ноба}$$

где $Q_{бок.ст}$ - потери тепла через боковые стенки, Вт;

$Q_{торц.ст}$ ~ потери тепла через торцевые стенки, Вт;

$Q_{свода}$ ~ потери тепла через свод печи, Вт;

$Q_{ноба}$ ~ потери тепла через под печи, Вт.

При стационарном теплообмене, потери тепла через кладку определяются по

$$Q_{ст} = \frac{t_n - t_0}{\frac{S_1}{\lambda_1 \cdot F_1} + \frac{S_2}{\lambda_2 \cdot F_2} + \dots + \frac{1}{\alpha_v \cdot F_{нар}}}, \text{ Вт} \quad \text{формуле [1]:}$$

(4.8)

где t_n - температура рабочего пространства печи, °C; t_0 - температура окружающего воздуха, °C;

S_1, S_2, \dots, S_n - толщина отдельных слоев кладки, м;

$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ - коэффициенты теплопроводности слоев кладки, м²;

α_v - коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности кладки печи в окружающую среду, Вт/(м² · К);

$F_{нар}$ - наружная поверхность кладки.

3 Потери тепла через боковую стенку печи

Боковые стенки печи состоят из шамота класса А и диатомита (рисунок 4.5).

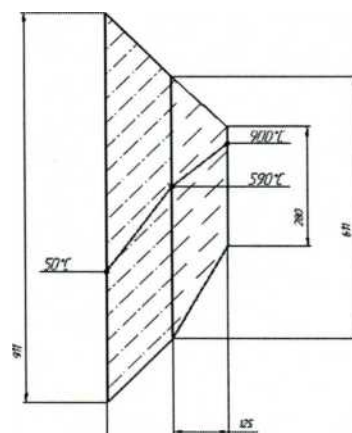


Рисунок 4.5 - Эскиз боковой стенки

Находим тепловые сопротивления слоев кладки:

$$S_x = 0,23$$

а -К

0,45 + 1,97 + 0,09 Проверочный расчет:
 $1НЗ-0,45 = 1042^{\circ}C$

$$t_{Нар} = t_n - Q_{lv} \cdot (R_1 + R_2) = 1 \text{ ИЗ} - 380 - (0,45 + 1,97) = 319^{\circ}$$

Полученные в результате проверки температуры не отличаются от выбранных более чем на 10°C, значит расчет проведен правильно.

4 Потери тепла через торцевые стенки печи

Торцевые стенки печи состоят из шамота класса А и диатомита (рисунок 4.6).

$$F_{Нар} = 930 \cdot 845 = 785850 \text{ мм}^2 = 0,7 \text{ м}^2$$



Рисунок 4.6 Эскиз торцевой стенки

$$K_{нутр} = 0,08 \text{ м}$$

$$F_{J2} = 630 - 545 = 343350 \text{ лш}^2 = 0,3 \text{ л}^2$$

Далее рассчитывают средние площади отдельных слоев:

$$B = 2 \cdot \text{л}^{\circ} > 08 - 0,3 = 0,15 \text{ л}^2$$

$$F_2 = 0,3 - 0,7 = 0,45 \text{ л}^2$$

Коэффициенты теплопроводности основных теплофизических характеристик огнеупорных и теплоизоляционных материалов обычно рассчитывают по формуле:
 $A = a + b \cdot t_{cp}$

где a и b - постоянные, характеризующие материал; t_{cp} — средняя температура слоя.

Шамот класса А: $\lambda = 0,980 + 0,278 \cdot 10^{-3} \cdot t$

Диатомит: $\lambda = 0,110 + 0,232 \cdot 10^{-3} \cdot t$

Если принять температуру внутренней поверхности футеровки равной температуре печи $t_{вн} = 1243^\circ\text{C}$ и обозначить температуру между отдельными слоями через $t_{x2} = 980^\circ\text{C}$, а температуру наружной поверхности кладки печи через $t_{нар} = 600^\circ\text{C}$, то средние температуры первого и второго слоя:

$t_{1ср} = \frac{1243 + 980}{2} = 1111,5^\circ\text{C}$

где R_1, R_2 - тепловые сопротивления слоев кладки; λ - сопротивление

передачи тепла от поверхности кладки окружающей среде.

$K \sim \frac{1}{R_1 + R_2 + R_{нар}} = \frac{1}{\frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} + \frac{1}{\lambda_{нар}}}$

Находим тепловые сопротивления слоев кладки:

Коэффициенты теплопроводности материалов:

$\lambda_1 = 0,63 \text{ K/Bm}$

$\lambda_2 = 0,980 + 0,278 \cdot 10^{-3} \cdot 1111,5 = 0,980 + 0,278 \cdot 10^{-3} \cdot 1111,5 = 1,1$

$\lambda_{нар} = 0,110 + 0,232 \cdot 10^{-3} \cdot 790 = 0,110 + 0,232 \cdot 10^{-3} \cdot 790 = 0,15$

$R_1 = \frac{0,7}{1,6} = 0,4375$

Определяем тепловые потери через кладку:

$Q_{п} = \frac{t_{вн} - t_{нар}}{R_1 + R_2 + R_{нар}} = \frac{1243 - 600}{0,4375 + 0,7 + 0,15} = \frac{643}{1,2875} = 500 \text{ Вт}$

(4.10)

$$R = \frac{1}{\alpha_{вн}} = \frac{1}{12 \cdot 0,7} = 0,125 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

$$Q = \frac{1243 - 20}{0,63 + 1,6 + 0,11} = 400 \text{ Вт}$$

$$t_{ср} = 0,63 + 1,6 + 0,11$$

Проверочный расчет:

$$t_{ср} = K \cdot Q = 0,125 \cdot 400 = 50 \text{ °С}$$

$$t_{нар} = K \cdot Q \cdot (L_1 + L_2) = 1243 - 400 - (0,63 + 1,6) = 604 \text{ °С}$$

Полученные в результате проверки температуры не отличаются от выбранных более чем на 10°С, значит расчет проведен правильно.

4 Потери тепла через свод печи Свод печи состоит из шамота класса А и диатомита (рисунок 4.7)

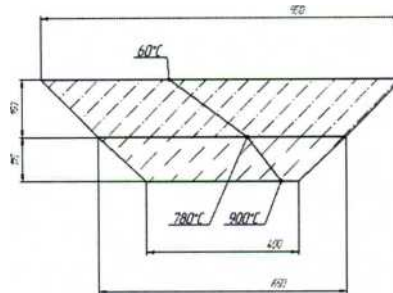


Рисунок 4.7 Эскиз свода печи

$$R_{вн} = 0,08 \text{ м}^2$$

$$F_{с2} = 0,3 \text{ м}^2$$

Далее рассчитывают средние площади отдельных слоев:

$$0,45 \text{ м}^2$$

Коэффициенты теплопроводности основных теплофизических характеристик огнеупорных и теплоизоляционных материалов обычно

рассчитывают по формуле:

$$\lambda = a + b \cdot t$$

где a и b - постоянные, характеризующие материал; t_{cp} — средняя температура слоя. Соответствующие значения коэффициентов теплопроводности приведены в справочной литературе [1].

Шамот класса А: $\lambda = 0,980 + 0,278 \cdot 10^{-3} \cdot t$
 Диатомит: $\lambda = 0,110 + 0,232 \cdot 10^{-3} \cdot t$

Если принять температуру внутренней поверхности футеровки равной температуре печи $t_n = 1243^\circ\text{C}$ и обозначить температуру между отдельными слоями через $t_{x2} = 980^\circ\text{C}$, а температуру наружной поверхности кладки печи через $t_{нар} = 600^\circ\text{C}$, то средние температуры первого и второго слоя:

$$t_{с1} = \frac{1243 + 980}{2} = 1111,5^\circ\text{C}$$

$$t_{с2} = \frac{980 + 600}{2} = 790^\circ\text{C}$$

Коэффициенты теплопроводности материалов:

$$\lambda_1 = 0,980 + 0,278 \cdot 10^{-3} \cdot t = 0,980 + 0,278 \cdot 10^{-3} \cdot 1111,5 = 1,1 \text{ Яз} = 0,11 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$$

$$\lambda_2 = 0,110 + 0,232 \cdot 10^{-3} \cdot 790 = 0,7 \text{ Определяем тепловые потери через кладку:}$$

$$R = \frac{1}{\lambda_1} = \frac{1}{0,11} = 9,09 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$R_{\text{сум}} = R_1 + R_2 + R_3 + R_{нар} \quad (4.11)$$

где R_1, R_2, \dots, R_n - тепловые сопротивления слоев кладки; $R_{нар}$ - сопротивление передачи тепла от поверхности кладки окружающей среде.

Находим тепловые сопротивления слоев кладки:

$$R_1 = \frac{0,115}{\lambda_1} = \frac{0,115}{1,1} = 0,105 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$R_2 = \frac{0,15}{\lambda_2} = \frac{0,15}{0,7} = 0,214 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$R_{\text{сум}} = \frac{1243 - 600}{400} = 1,83 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Проверочный расчет:

$$t_u = t_{\text{вн}} - e_{\text{вн}} \cdot D_{\text{вн}} = 1243 - 400 \cdot 0,63 = 991^{\circ}\text{C}$$

$$t_{\text{нар}} = K - Q'' \cdot (L + \delta) = 1243 - 400 \cdot (0,63 + 1,6) = 604^{\circ}$$

Полученные в результате проверки температуры не отличаются от выбранных более чем на 10°C , значит расчет проведен правильно.

5 Потери тепла через под печи

Под печи состоит из шамота класса А и шамота-легковеса ШЛ-1,3 (рисунок 4.8).

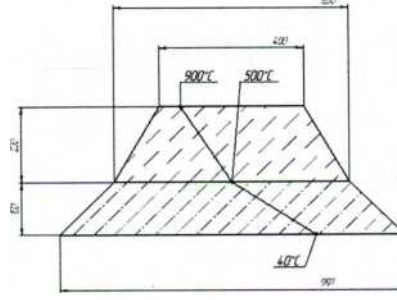


Рисунок 4.8 Эскиз пода печи $Ka_p = 1160 \cdot 845 = 980200 \text{ м}^2 = 0,98 \text{ л}^2$

$$K_{\text{нутр}} = 0,88 \text{ л}^2$$

$$F_{12} = 860 \cdot 545 = 468700 \text{ мм}^2 = 0,46 \text{ л}^2$$

Далее рассчитывают средние площади отдельных слоев:

$$F_1 = \sqrt{0,88 \cdot 0,46} = 0,40 \text{ л}^2$$

$$F_2 = \sqrt{0,98 \cdot 0,46} = 0,45 \text{ л}^2$$

Коэффициенты теплопроводности основных теплофизических характеристик огнеупорных и теплоизоляционных материалов обычно рассчитывают по формуле: $\lambda = a + b \cdot t_{\text{ср}}$

где a и b - постоянные, характеризующие материал; $t_{\text{ср}}$ — средняя

температура слоя. Соответствующие значения коэффициентов теплопроводности приведены в справочной литературе [1].

$$\text{Шамот класса А: } \lambda = 0,980 + 0,278 \cdot 10^{-3} \cdot t \quad \text{ШЛ-1,3: А, } \lambda = 0,422 + 0,535 \cdot 10^{-3} \cdot t$$

Если принять температуру внутренней поверхности футеровки равной температуре печи $t_{вн} = 1243^\circ\text{C}$ и обозначить температуру между отдельными слоями через $t_{x2} = 660^\circ\text{C}$, а температуру наружной поверхности кладки печи через $t_{нар} = 390^\circ\text{C}$, то средние температуры первого и второго слоя:

$$t_{ср} = \frac{K_{ар} + 6,2}{660 + 390} \cdot 525^\circ\text{C} \approx 2,2$$

$$t_{ср} = \frac{K + 0,2}{1243 + 660} = 951,5^\circ\text{C}$$

Коэффициенты теплопроводности материалов:

$$\lambda_1 = 0,980 + 0,278 \cdot 10^{-3} \cdot t = 0,980 + 0,278 \cdot 10^{-3} \cdot 951,5 = 1,2 \text{ Яг} = 0,422 + 0,535 \cdot 10^{-3} \cdot$$

$$t = 0,422 + 0,535 \cdot 10^{-3} \cdot 525 = 0,7$$

Определяем тепловые потери

$$Q_0 = \frac{\lambda_1 \cdot F_1 \cdot (t_{вн} - t_{нар})}{R_x + R_2 + \dots + R_n + R_{нар}} \quad , \text{ Bm} \quad (4.12)$$

где R_x, R_2, \dots, R_n - тепловые сопротивления слоев кладки; $R_{нар}$ - сопротивление передачи тепла от поверхности кладки окружающей среде.

Находим тепловые сопротивления слоев кладки:

$$R_x = \frac{0,23}{1,2 \cdot 0,40} = 0,83 \text{ K/Bm}$$

$$R_2 = \frac{0,15}{0,7 \cdot 0,45} = 0,4 \text{ K/Bm}$$

$$R_{нар} = \frac{1}{12 \cdot 0,98} = 0,08 \text{ K/Bm}$$

$$Q = \frac{1243 - 390}{0,83 + 0,4 + 0,08} = 688,45 \text{ т}$$

$$t_{нар} = 390^\circ\text{C}$$

Проверочный расчет:

$$t_{нар} = t_{вн} - Q \cdot R_x = 1243 - 688,4 \cdot 0,83 = 671^\circ\text{C}$$

$$t_{нар} = t_{вн} - Q \cdot (R_x + R_2) = 1243 - 688,4 \cdot (0,83 + 0,4) = 396^\circ\text{C}$$

Полученные в результате проверки температуры не отличаются от выбранных более чем на 10°C , значит расчет проведен правильно.

И тогда:

$$Q_{\text{пот}} = 2 \cdot Q_{\text{бок.ст}} + 2 \cdot Q_{\text{торц.ст}} + Q_{\text{свода}} + C = 2 \cdot 380 + 2 \cdot 400 + 400 + 688.4 = 2645.7 \text{ Вт}$$

6 Потери тепла излучением через открытое загрузочное и разгрузочное окно

Расчет потерь тепла излучением в окружающую среду производится по формуле:

$$Q_{\text{изл}} = C_0 \cdot \epsilon \cdot F_{\text{от}} \cdot \frac{T_n^4 - T_s^4}{100} \quad \text{А.т,Вт} \quad (4.13)$$

где ϵ - степень черноты излучающего тела (стенки печи, печные газы, нагретый металл): $\epsilon = 0,8$;

$F_{\text{от}}$ - площадь поперечного сечения отверстия, м^2 :

$$F_{\text{от}} = h \cdot b = 0,265 \cdot 5 = 0,03975 \text{ (h, b - размеры окна);}$$

T_n и T_s - температура соответственно печи и окружающего воздуха, К; Δt - доля времени, в течении которого окно открыто, с/с:

$$\Delta t = \frac{t_{\text{откр}}}{t_{\text{сум}}} = \frac{600}{275.75} = 2.17;$$

ψ - коэффициент диафрагмирования, зависящий от соотношения ширины и высоты

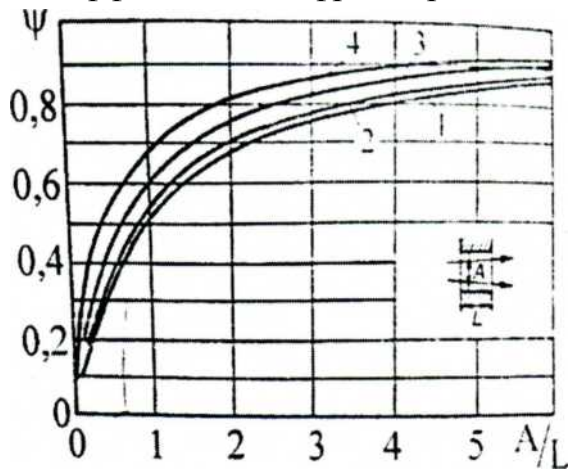


Рисунок 4.9 - Коэффициент

диафрагмирования отверстий [1]

Коэффициент диафрагмирования

определяется из соотношения - —

для

L

отверстия и от толщины стенки (рисунок 4.9). [1]
прямоугольного отверстия, где A - высота, L - глубина окна.

$$150 = 0,556$$

$L = 0,265$

Значение коэффициента диафрагмирования c_p при таком соотношении равно 0,5.

Тогда:

$$Q_{пу} = C_0 \cdot P_{fd} \cdot \frac{1}{100} \cdot \frac{1}{100} \cdot D_{г} = 5,67 \cdot \frac{(1243V - 293)^2}{V_{100} J_{100}} \cdot 2,17 = 0,8 \cdot 0,56 \cdot 0,03975 \cdot 1813,45m$$

7 Потери тепла вследствие тепловых коротких замыканий Потери тепла вследствие тепловых коротких замыканий Q_{mkz} вызванных нарушением сплошности изоляции в тех местах, где через кладку проходят переемычки из более теплопроводных материалов: термопарные трубки, выводы нагревателей, направляющие, оси роликов, выходящие из печи, закалочные желобы и т.д. В большинстве случаев эти потери не могут быть точно учтены и их принимают обычно равными 50..100% от потерь теплоты через стенки [1], то есть

$$Q_{mkz} = (0,5 \sim 1,0) \cdot Q_{ст} \quad \text{Вт} \quad (4.14)$$

$Q_{mkz} = 0,5 \cdot Q_{ст} = 0,5 \cdot (2 \cdot e_{tem} + 2 \cdot Q_{моф,(em)}) = 0,5 \cdot 2645,7 = 1322,85 \text{Вт}$ 8 Составление теплового баланса печи

Просуммировав отдельно приходные и расходные статьи теплового баланса, и приняв $Q_{прих} =$, получим уравнение с одним неизвестным, которым будет расход топлива.

Для электрических печей $Q_{прих} = N \cdot \eta$ - расчетная мощность печи, значение которой находят при суммировании расходных статей теплового баланса.

$$Q_{расх} = Q_{ст} + Q_{mkz} = 937,07 + 1319 + 729,1 + 833,2 = 3818,14 \text{Вт}$$

Расчетная мощность электрической печи принимается равной сумме расходных статей теплового баланса.

$$150 = 0,556$$

$L = 0,265$

Значение коэффициента диафрагмирования (ρ при таком соотношении равно

0,5).

Тогда:

$$= C_{\rho-s} \cdot \rho \cdot F_{oi} \quad \frac{ТЛ (тЛ)}{100J \text{ uoo,}} \quad D_r = 5,67 \cdot 0,8 \cdot \frac{(1243V \quad \Gamma)}{293" \quad \text{ti o o j}} \cdot 2,17 = 181$$

Uoo **Б АВ зп**

7 Потери тепла вследствие тепловых коротких замыканий Потери тепла вследствие тепловых коротких замыканий Q_{mkz} вызванных нарушением сплошности изоляции в тех местах, где через кладку проходят переемычки из более теплопроводных материалов: термопарные трубки, выводы нагревателей, направляющие, оси роликов, выходящие из печи, закалочные желобы и т.д. В большинстве случаев эти потери не могут быть точно учтены и их принимают обычно равными 50..100% от потерь теплоты через стенки [1], то есть

$$Q_{mkz} = (0,5 \dots 1,0) \cdot Q_{ст} \quad (4.14)$$

$$Q_m = 0,5 \cdot Q_{ст} = 0,5 \cdot (2 \cdot Q_{гор4Cm}) = 0,5 \cdot$$

$$2645,7 = 1322,85$$

8 Составление теплового баланса печи

Просуммировав отдельно приходные и расходные статьи теплового баланса, и приняв $Q_{прих} =$, получим уравнение с одним неизвестным, которым будет расход топлива.

Для электрических печей $Q_{прих} = N$; N - расчетная мощность печи, значение которой находят при суммировании расходных статей теплового баланса.

$$X = Q_U + Q_{,,} + Q_{y+2TM} = 937,07 + 1319 + 729,1 + 833,2 = 3818,14 \text{Вт}$$

Расчетная мощность электрической печи принимается равной сумме расходных статей теплового баланса.

Таблица теплового баланса

Статьи прихода	Вт	%	Статьи расхода	Вт	%
Тепло выделяемое электрическими нагревателями	7028	100	Полезное тепло на нагрев металла	1639,573	23,3
			Тепло на нагрев приспособлений	1345,024	19,2
			Тепло теряемое вследствие теплопроводности кладки печи	3001,26	42,7
			Потери тепла излучением через открытое окно	174,62	2,5
			Потери тепла вследствие тепловых коротких замыканий	867,5464	12,3
Итого	7028	100		7028	100

Для электрических печей установленная мощность определяется по формуле:

$$N_{\text{э}} = k \cdot N^{\text{н}} = 1,6 \cdot 7028 = 11244,8 \text{ Вт} \quad (4.1)$$

5)

$$N_{\text{э}} = k \cdot N^{\text{н}} = 1,6 \cdot 7028 = 11244,8 \text{ Вт}$$

где k - коэффициент запаса мощности, принимаемый в пределах 1,25... 1,15 для электрических печей.

Коэффициент полезного действия электрической печи Коэффициент полезного действия для электрических печей определяется по формуле: (4.16)

$$\eta = \frac{Q_{\text{н}}}{Q_{\text{з}}}$$

где $Q_{\text{н}}$ - тепло идущее на нагрев металла; $Q_{\text{з}}$ - суммарные затраты тепла печью выбранной конструкции.

$$\eta = \frac{Q_{\text{н}}}{Q_{\text{з}}} \cdot 100\% = 42,7\%$$

5.1 Выбор и обоснование основного оборудования

Применение высокопроизводительного, надежного в эксплуатации оборудования позволяет снизить в проектируемом термическом участке себестоимость ТО, повысить производительность и обеспечить высокое качество продукции.

Все оборудование можно разделить на три групп:

- основное оборудование, связанное с нагревом и охлаждением изделия;
- дополнительное оборудование для выполнения дополнительных операций;
- вспомогательное оборудование (установки для приготовления контролируемых атмосфер и карбюризатора, теплоэнергетическое оборудование).

Тип оборудования для проектируемого цеха выбирается на основании разработанного технологического процесса термической обработки и режимов термической обработки. Выбор оборудования зависит также от способа выполнения операций, устанавливается в зависимости от следующих факторов:

1 Характер загрузки:

- а) поштучный или партиями, садками - применяется в цехах индивидуального и мелкосерийного производства, осуществляется на оборудовании периодического действия (камерные и шахтные печи), способном к быстрой переналадке технологического режима;
- б) непрерывный - применяется в цехах массового и крупносерийного производства и осуществляется на поточном оборудовании непрерывного действия (агрегаты, конвейерные и толкательные печи).

2 Положение изделий в процессе обработки:

- а) стационарное;
- б) перемещение по повторяющейся траектории;
- в) поступательное перемещение.

3 Сочетание операций:

- а) последовательное;
- б) параллельное;
- в) параллельно-последовательное.

4 Режим работы оборудования:

- а) периодический;
- б) полунепрерывный;
- в) непрерывный.

Для термической обработки заготовок из стали 5ХНМ, выбираем камерную электропечь СНО-4.5.3/12,5И2 для проведения термической обработки деталей при температурах до 1250 °С.

5.2 Описание основного оборудования

Печь камерная состоит из печного блока, дверцы и силового шкафа управления. Нагревательные элементы устанавливаются преимущественно из хромалей и нихрома. Нагреватели устанавливаются как на боковых, так и на поверхности свода или пода. В таблице 9 приведены основные показатели характеристики печи СНО-4.5.3/12,5И2.

Таблица 5.1 - Основные показатели характеристики печи СНО-4.5.3/12,5И2

Параметры	Размерность	Показатель
Мощность установленная	кВт	30
Число фаз	-	3
Размеры:		
длина	мм	1250
ширина		1500
высота		1490
Вес	кг	2000
Температура максимальная	°С	1250

Управление температурой ведется по рабочему термопреобразователю, установленному в задней стенке печи. Печной блок и дверца помещены в кожуха для лучшей теплоизоляции наружных поверхностей. Дверца печи выполнена с противовесом и открывается вверх. Крайнее положение закрытия дверцы контролируется путевым выключателем. Силовой шкаф управления содержит вводную силовую автоматику, систему контроля и управления силовыми цепями, силовые полупроводниковые элементы, микропроцессорный контроллер с панелью

оператора, органы управления (кнопки, тумблеры).

5.3 Расчет основного оборудования

Годовой фонд эффективного времени работы оборудования зависит от установленного режима работы, продолжительности смены, потерь времени на ремонт и переналадку оборудования и рассчитывается по формуле:

$$\Phi_{\delta} = (365 - B - П) \cdot C \cdot t \cdot K_p \quad (5.1)$$

где Φ_{δ} - действительный фонд времени работы оборудования, ч;

B - количество выходных дней в году (за вычетом выходных, совпадающих с праздничными днями);

$П$ - количество праздничных дней в году;

C — количество смен в сутках;

t - средняя длительность одной смены;

K_p - коэффициент использования номинального времени работы оборудования, учитывающий потери времени, составляет 4% от номинального времени. Для двухсменного графика работы $K_p = 0,94.. 0,96$.

$$\Phi_{\delta} = (365 - 118) \cdot 3 \cdot 8 \cdot 0,96 = 5573 \text{ ч}$$

Определение потребного количества часов работы производится по формуле:

где A_z - годовая программа, в т.; P - производительность, $E = AJP$, (5.2)

кг/ч.

(5.3)

$$A_z = N_p \cdot P \cdot \Phi_\delta \cdot k_p$$

$$P = 0,007 \text{ т/ч}$$

40
5573

$$A_z = 1 \cdot 0,007 \cdot 5573 \cdot 0,96 = 37,45 \text{ т}$$

Тогда

$$E = 37,45 / 0,007 = 5351 \text{ ч} \quad (5.4)$$

Истинное количество оборудования рассчитывается по формуле:

$$N_p = E / \Phi_\delta$$

$$N_p = 5351 / 5573 = 0,96 \text{ шт}$$

Принимаем $N_{np} = 1$ печь СНО-4.5.3/12,5И2.

Коэффициент загрузки рассчитывается по следующей формуле:

K_3

$$= N_p / N_{np} \quad (5.5)$$

)

"

$$K_3 = 0,96 / 1 = 0,96$$

По результатам расчетов для обработки 45 т заготовок в год принимаем 1 печь СНО-4.5.3/12,5И2.

6 СТРОИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ

6.1 Разработка плана расположения оборудования на проектируемом участке

В основу расстановки оборудования на плане и разрезах цеха должны быть положены:

- намеченная компонованная схема технологического грузопотока, не допускающая пересечения путей движения обрабатываемых деталей. Исключение может быть только для цехов индивидуального и мелкосерийного производства, но при этом общий грузопоток должен идти в одном направлении;
- возможность обслуживания и ремонта оборудования;
- организация межоперационного транспорта обрабатываемых изделий [4].

При установлении схемы расположения оборудования необходимо учесть, что печи не должны располагаться вдоль наружных остекленных стен.

Участки с токсическим, шумопродуцирующим оборудованием должны располагаться в обособленных помещениях, изолированных от печного зала.

К такому оборудованию относятся установки для приготовления защитных атмосфер, воздуходувки высокого давления, установки для очистки дробью.

Проезды и походы желательно размещать по периметру с обязательным расположением

ворот и дверей у наружных стен.

Все элементы здания термического цеха относятся к категории Г по признаку пожароопасности и должны выполняться из негорючих материалов, отвечающих I и II ступеням огнеопасности.

Для термического участка, который характеризуется значительным избытком и не требует утепления покрытия, проектируем его из асбоцементных листов.

На участке применяем светоаэрационные фонари П-образного профиля. Покрытие полов на участке используем не скользкое, и легко очищаемое от загрязнений.

Термические цеха характеризуются большим количеством инженерных коммуникаций (трубопроводы масла, воды, воздуха, электроэнергии, газов), установка и монтаж которых затрудняет нормальное проведение технологического процесса и не удовлетворяет требованиям промышленной эстетики.

Вопрос рационального размещения коммуникаций, вспомогательного оборудования и складских помещений может быть решен путем сооружения:

- туннелей (каналов) - для укладки небольшого числа трубопроводов;
- подвала - для расположения трубопроводов.

Для определения геометрических параметров участка необходимо рассчитать его площадь.

Общая площадь участка по назначению делится на:

- 1) производственную;
- 2) вспомогательную;
- 3) контрольно-бытовую.

К производственной площади относятся площади производства, на которых производится обработка изделий, а также площади для хранения изделий до и после термической обработки.

В состав вспомогательных площадей входят:

- участки контроля термической обработки;
- проезды для внутреннего транспортирования грузов;
- мастерские механика и энергетика по ремонту оборудования;
- экспресс-лаборатории по анализу материалов.

К конторско-бытовым площадям относятся помещения контор участка.

Необходимые площади проектируемого участка рассчитываем по укрупненным показателям, используя справочные данные.

Для размещения термического цеха с характерными избытками тепла, как правило, должно использоваться одноэтажное здание прямоугольной формы, обеспечивающее наиболее эффективное удаление вредных удельных выделений естественным путем. При необходимости размещения термического цеха в многоэтажном здании допустимо только как исключение, термический цех должен быть расположен не верхнем этаже достаточной высоты. При компоновке термического цеха в общем корпусе - с другими цехами- изготовителями, его следует расположить наиболее протяженной стороной вдоль наружной стены корпуса с целью улучшения аэрации.

Все элементы здания термического цеха относятся к категории Г по признаку пожароопасности и должны выполняться из негорючих материалов, отвечающих 1 и 2 степени огнестойкости.

Здания компонуются из одного или нескольких пролетов, геометрические размеры которых (ширины, длина, высота) следует по возможности принимать одинаковыми.

Общая площадь термического цеха рассчитывается по формуле:

$$S_{M,} = S_v + S_{сноМ} \quad (6.1)$$

где $S_{,,p}$ - производственная площадь; $S_{сноМ}$ - вспомогательная площадь.

Производственная площадь определяется путем суммирования площади для всех единиц выбранного оборудования с учетом площади проезда, проходов и промежуточных мест складирования.

$$S_{кл} = n \cdot S_1 + S_v + S_{сноМ} \quad (6.2)$$

где S_1 - площадь, занимаемая единицей оборудования, $S_1 = 30 \text{ м}^2$; n - количество единиц оборудования, равное 10.

$S_{пр}$ - площадь проездов и проходов, принимается равной 25% от площади

занимаемой оборудованием;

$S_{скл}$ - площадь промежуточных мест складирования изделий.

$$S_1 = 30 \cdot 10 = 300 \text{ м}^2$$

$$S_{пр} = 0,25 \cdot 300 = 75 \text{ м}^2$$

$$S_{скл} = 15 \text{ м}^2$$

$$S_{M,} = 300 + 75 + 15 = 390 \text{ м}^2$$

Отсюда

$$S_{вспом} = 0,35 \cdot S_{пр} = 0,35 \cdot 390 = 136,5 \text{ м}^2$$

Общая площадь участка:

$$S_{общ} = 390 + 136,5 = 526,5 \text{ м}^2$$

Промышленная безопасность — одно из ключевых понятий, когда дело касается опасных производств. Действующий сейчас в нашей стране закон, касающийся данной сферы, обязывает каждый производственный объект, попадающий в категорию опасных, пройти соответствующую экспертизу и получить разрешение на работу. Однако промышленная безопасность — это сложное комплексное понятие, которое включает в себя практически все аспекты, касающиеся деятельности предприятия.

Опасный производственный объект - в широком смысле этого выражения производственный объект, при эксплуатации которого могут возникнуть аварии или инциденты (аварийные ситуации). Аварии на производстве могут иметь серьёзные последствия для жизни и здоровья людей, что более подробно рассматривается системой охраны труда; имуществу организаций, эксплуатирующих опасные объекты и, что чрезвычайно важно, природной среде, что является составляющей экологической безопасности. В России защищенность от аварий и их последствий призвана поддерживать промышленная безопасность, главным понятием, который является опасный производственный объект.

Опасный производственный объект — это предприятие, его цех, участок, площадка или другие производственные объекты на его территории, на которых: получают, используются, образуются, хранятся, уничтожаются опасные вещества (горючие, окисляющие, взрывчатые, токсичные; вещества, представляющие опасность для окружающей среды); используется оборудование, работающее под давлением более 0,07 Мпа или при температуре нагрева воды более 115°C; используются стационарно установленные грузоподъемные механизмы.

В данном случае идет речь о безопасности в термическом цеху. Термическая обработка изделий в соляных, селитровых печах-ваннах связана с повышенной опасностью, поэтому от рабочего-термиста требуются особая внимательность, осторожность и знание безопасных приемов работы. При несоблюдении правил безопасности возможны несчастные случаи, связанные с ожогом тела, лица, глаз и отравлением.

Термист должен выполнять только ту работу, которая поручена администрацией, и при условии ее выполнения безопасными способами. В сомнительных случаях, при получении новой (незнакомой) работы, необходимо требовать от мастера инструктажа по технике безопасности.

Перед началом работы следует внимательно осмотреть рабочее место и привести его в порядок, проверить исправность заземления трансформаторов, ванн. Проверить исправность пусковых устройств термического оборудования, отсасывающих устройств системы вентиляции, наличие и исправность ограждений, подготовить к работе инструмент, приспособления и убедиться в их исправности.

Во время работы термист должен быть внимательным и не допускать на свое рабочее место лиц, не имеющих отношения к порученной работе. Нельзя прикасаться к индуктору или детали во время включения и нагрева. Необходимо следить за показаниями приборов и наличием охлаждающей воды в индукторе, высокочастотном трансформаторе и конденсаторной батарее. Смену индуктора следует производить при снятом напряжении.

Нельзя открывать ограждения, предохраняющие от случайных прикосновений к токоведущим частям. Во время термической обработки изделий необходимо соблюдать установленный технологический режим в соответствии с картой технологического процесса.

Запрещается работа на индукционных электротермических установках при неисправном электрооборудовании, аппаратуре, приборах, блокировках, установленных на дверях, через которые возможен доступ к шинам и к токоведущим частям, находящимся под напряжением, а также при наличии неисправности защитных кожухов или повреждений механической части установки. В случае неисправности электротермической установки надо немедленно выключить нагрев и остановить закалочный агрегат.

Термическая обработка металлов предусматривает закалку, нормализацию, отжиг и отпуск, при которых существует опасность ожогов работающих у нагревательных печей и закалочных ванн.

При использовании электрических нагревательных печей и нагревательных постов существует опасность поражения электрическим током. Поэтому при обслуживании электрических нагревательных установок необходимо соблюдать меры безопасности.

Закалочные ванны с минеральным маслом, керосином, свинцом, различными солями при нагревании выделяют в окружающий воздух различные вредные пары и газы. Поэтому, как правило, все закалочные ванны оборудуются местной вентиляцией в виде отсосов. Кроме того, в помещении термической обработки должна быть общеобменная вентиляция.

Повышенную пожаро-и взрывоопасность представляют собой печи, работающие на газовом топливе, эксплуатация которых должна вестись с соблюдением «Правил безопасности в газовом хозяйстве», утвержденных Г осгортехнадзором.

При закалке в масле и в керосине существует опасность воспламенения их паров, поскольку они нагреваются погружаемым в ванны металлом. Масло и керосин охлаждаются в теплообменниках. Температура масла в ванне не должна превышать 85°C, а керосина - 38°C. Применяемый для закалки керосин должен иметь температуру вспышки паров не выше 45°C. Обычно температура масла или керосина регулируется автоматически на заданном уровне.

Загрузка горячих деталей в ванны следует производить осторожно во избежание выплескивания жидкостей и возможных при этом ожогов.

Специальные меры безопасности при использовании ванн с различными расплавленными солями учитывают физико-химические свойства солей. Свинцовые ванны выделяют вредные пары свинца. Для уменьшения испарения свинца зеркало ванны покрывают слоем древесного угля. Опасно загружать в ванну влажные детали, так как при этом вследствие преобразования возможен выброс из ванны расплавленного свинца. Детали и применяемые инструменты должны быть сухими.

Соляные ванны загружают солями, предварительно просушенными, постепенно, малыми порциями и не более чем на $\frac{1}{3}$ объема ванны. В расплавленную соль также недопустимо попадание влаги.

При временной остановке печи, разогревающей соляную ванну, может произойти застывание соли с образованием на поверхности твердой корки. Недопустимо пробивать корку во избежание выплескивания расплавленной соли и возможного при этом ожога.

Селитровые ванны представляют собой повышенную опасность в отношении возможности взрыва селитры в случае ее перегрева и соединения с маслом, алюминием и органическими веществами. Температура расплава селитры не должна превышать 600°C.

Хранить селитру нужно в металлических ящиках с крышками. В местах хранения селитры должны быть первичные средства огнетушения.

Ванны с цианистыми солями следует загружать при помощи приспособлений, исключающих контакт рук с солью, малыми порциями и не более чем на $\frac{1}{3}$ объема тигля, чтобы исключать выплескивание расплавленной соли.

Во время расплавления соли тигль должен быть плотно закрыт крышкой. Температуру расплава следует повышать постепенно.

Расфасовка цианистых солей производится под местной вытяжной вентиляцией. Запрещается касаться незащищенными руками цианистых солей и их отходов во избежание отравления.

При работе у соляных ванн необходимо применять индивидуальные защитные средства (предохранительные очки, брезентовые рукавицы, фартук).

Во избежание образования ядовитой синильной кислоты (цианистого водорода) запрещается совместное хранение цианистых солей с кислотами и их растворами, а также недопустимо иметь общую вентиляцию от цианистых и кислых ванн.

По окончании работы термист должен привести в порядок свое рабочее место и сообщить мастеру и сменщику о неисправностях оборудования, замеченных им во время работы.

8 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В ТЕРМИЧЕСКИХ ЦЕХАХ

Производственные и вспомогательные помещения термических цехов и участков должны быть оборудованы системами отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха в соответствии с требованиями СНиП 2.04.05. Системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха во время проведения основных и ремонтно-вспомогательных работ должны обеспечивать оптимальные или допустимые микроклиматические условия в рабочей зоне в соответствии с "Гигиеническими требованиями к микроклимату производственных помещений", а также снижение содержания в воздухе вредных веществ до значений, не превышающих предельно допустимые концентрации (ПДК).

Классификация вредных веществ и общие требования безопасности при их производстве, применении и хранении приведены в ГОСТ 12.1.007. В производственных помещениях, где невозможно обеспечить значения показателей микроклимата в пределах норм, необходимо предусматривать меры по защите работающих от перегревания, охлаждения и других вредных факторов.

В термических цехах следует устраивать воздушные системы отопления, совмещенные с приточной вентиляцией без рециркуляции. При соответствующем технико-экономическом обосновании допускается применение воздушно-отопительных агрегатов и местных нагревательных приборов. Местные нагревательные приборы

отопления должны иметь гладкую поверхность, легкодоступную для очистки от пыли. Рециркуляция приточного воздуха для отопления допускается в рабочее время лишь в складах металла. На производственных участках рециркуляция может быть использована для целей дежурного отопления в нерабочее время. В рабочую зону согласно СНиП 2.04.05 приточный воздух следует подавать из воздухораспределителей: горизонтальными струями, выпускаемыми в пределах или выше рабочей зоны; наклонными (вниз) струями, выпускаемыми на высоте 2 м и более от пола; вертикальными струями, выпускаемыми на высоте 4 м и более. При незначительных избытках теплоты приточный воздух допускается подавать из воздухораспределителей, расположенных в верхней зоне, струями: вертикальными, направленными сверху вниз, горизонтальными или наклонными (вниз).

В помещениях термических цехов должна использоваться как естественная, так и искусственная вентиляция. Помещения термических цехов должны быть оборудованы механической общеобменной приточно-вытяжной вентиляцией. Выбор системы вентиляции должен обосновываться расчетом.

Общие требования к вентиляционным системам изложены в ГОСТ 12.4.021. Необходимый воздухообмен в помещениях следует рассчитывать отдельно для теплого и холодного периода года, исходя из уровня вредности данного производства. Приточной вентиляцией воздух рассеянно подается в рабочую зону, а вытяжной вентиляцией удаляется из верхней зоны помещения. В зимнее время приточный воздух должен подогреваться.

В случае длительного пребывания работников у источников интенсивного облучения (более 35 Вт/кв. м) на рабочие места следует подавать сосредоточенный чистый приточный воздух со скоростью 1-5 м/сек. в зависимости от интенсивности облучения. В помещениях термических цехов с большим тепловыделением (в том числе сопровождающимся выделением влаги и вредных веществ) подача приточного воздуха системами вентиляции и кондиционирования должна производиться в рабочую зону так, чтобы не нарушалась работа местных отсосов. Воздухозаборные устройства систем вентиляции следует размещать в наименее загрязненной зоне, при этом нижний край патрубка должен находиться на высоте не менее 2 м от уровня земли, а при размещении их в зеленой зоне - на высоте не менее 1 м. Входные отверстия воздухозаборных устройств должны быть надежно защищены от попадания в них посторонних частиц, предметов и т.д.

Объем воздуха, подаваемого на участки цианирования, травления, очистки и гидрополировки, установок для приготовления контролируемых атмосфер, установок испарительного азотирования и в места хранения баллонов с газами для азотирования, должен быть на 5% меньше удаляемого объема, чтобы не было подсоса воздуха из более загрязненных помещений в менее загрязненные. Удаление воздуха из этих помещений следует производить из зоны, располагаемой выше рабочей зоны.

Производственное оборудование, связанное с применением или образованием вредных и взрывоопасных веществ, следует оснащать самостоятельными системами местной вытяжной вентиляции (в том числе места вскрытия тары). Местные отсосы должны быть расположены таким образом, чтобы отсасываемый воздух не проходил через зону дыхания работника. Индукционные электротермические установки должны оборудоваться местной вытяжной вентиляцией в виде зонта. Скорость движения воздуха у закалочного контура должна быть достаточной для отсоса вредных горячих газов (определяется расчетом).

У нагревательных печей над загрузочными окнами необходимо устанавливать зонты-козырьки либо вытяжные комбинированные зонты. Козырьки предусматриваются как у печей, работающих на газообразном и жидком топливе (и имеющих отвод продуктов сгорания в дымовой боров), так и у камерных электропечей сопротивления. Комбинированные зонты устанавливаются у печей, не имеющих борвов для отвода продуктов сгорания. Воздух, удаляемый из производственных помещений и от оборудования, перед выбросом в атмосферу должен быть подвергнут очистке от вредных веществ в соответствии с требованиями СНиП 2.04.05.

Выбрасывающие патрубки от места забора воздуха должны находиться на расстоянии не менее 20 м по горизонтали и не менее 6 м по вертикали, при концентрации вредных выбросов в зоне забора воздуха не более 1/3 ПДК. Отверстия патрубков для выброса загрязненного воздуха от цианистых и свинцовых ванн должны быть размещены на высоте не менее 5 м над наиболее высокой частью крыши здания термического цеха. Выброс воздуха должен быть факельным.

Выброс в атмосферу воздуха, содержащего взрывоопасные вещества, не должен производиться в места, вблизи которых выбрасываются в атмосферу продукты сгорания.

Не допускается объединять воздуховоды вытяжных систем от термических печей и от

закалочных масляных баков и ванн (из-за возможного возгорания масла), а также от цианистых и кислых травильных ванн (во избежание образования цианистого водорода). Воздуховоды, транспортирующие пылевоздушную смесь, должны быть снабжены герметически закрывающимися люками для очистки их от оседающей пыли. Удаление сухой пыли и шлама из пылеотделителей должно быть механизировано. Охлаждать изделия, нагретые в процессе термической обработки, необходимо в местах, оснащенных эффективной вытяжной вентиляцией, или в специальных охлаждающих помещениях (устройствах).

В производственных помещениях термических цехов, где возможно внезапное выделение в воздух рабочей зоны больших количеств вредных веществ, должна быть предусмотрена аварийная вентиляция согласно СНиП 2.04.05.

Вентиляционное оборудование, трубопроводы и воздуховоды, размещаемые в помещениях с агрессивной средой или предназначенные для транспортировки воздуха с агрессивными газами, парами и пылью, должны быть изготовлены из антикоррозионных материалов или защищены соответствующими покрытиями.

При использовании газов, обладающих опасными и вредными свойствами, необходимо осуществлять контроль за работой вытяжных вентиляционных устройств и систем сигнализации по графику, утвержденному главным инженером организации, но не реже одного раза в квартал.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрены условия эксплуатации поковок из стали 5ХНМ на базе модернизации оборудования в термическом цеху, также технологические свойства материала; - обоснован выбор марки стали и технологического маршрута изготовления, в том числе выбор температур закалки и отпуска стали, технологических сред для нагрева и охлаждения при термообработке.

Изучены фазовые и структурные превращения, протекающие в стали 5ХНМ при термической обработке, с описанием формирующихся структур стали и ее свойств.

Описаны возможные виды дефектов и брака, появляющихся в стали 5ХНМ в процессе термической обработки, способов их контроля.

Обоснован выбор оборудования для проведения термической обработки из стали 5ХНМ.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Корягин, Ю.Д. Тепловые и электрические расчеты термически печей / Ю.Д. Корягин. - М.: Учебное пособие для вузов по металлургическим специальностям; ЮУрГУ, 2005. -177 с.
2. Воскобойников В.Г., Кудрин В.А., Якушев А.М. Учебник для вузов / В.Г. Воскобойников, В. А. Кудрин, А.М. Якушев. - М.: ИКЦ «Академкнига», 2002. - 768с.
3. Гуляев А.П. Металловедение / А.П. Гуляев. - М.: Металлургия, 1977. - 647с.
4. Корягин Ю.Д. Оборудование и проектирование термических цехов: учебное пособие / Ю.Д. Корягин. - Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2014.-69с.
5. Адаскин А.М., Седов Ю.Е., Онегина А.К. Материаловедение в машиностроении / А.М. Адаскин. — М.: Издательство Юрайт, 2012. — 535с.
6. Ильин С.И., Корягин Ю.Д. Технология термической обработки сталей: учебное пособие / С.И. Ильин, Ю.Д. Корягин. - М.: Издательский центр ЮУрГУ, 2009. — 120с.
7. Лахтин Ю.М., Леонтиев В.П. Материаловедение / Ю.М. Лахтин. - М.: Машиностроение, 1980. - 493с.
8. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов / И.И. Новиков. - М.: Металлургия, 1986. - 480с.
9. Геллер Ю.А., Инструментальные стали / Ю.А. Геллер. - М.: Металлургия, 1983. - 527с.
10. Рустем С.Л., Оборудование термических цехов / С.Л. Рустем. - М.: Машиностроение, 1971. - 288с.
11. Гуляев А.П. Инструментальные стали: справочник / А.П. Гуляев. - М.: Машиностроение, 1975. - 272с.
12. Мордасов Д.М., Завражин Д.О. Оборудование и автоматизация процессов производства и обработки материалов: учебное пособие / Д.М. Мордасов, Д.О. Завражин - Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2016. - 96с.