

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»
(КНИТУ-КАИ)

Институт Авиации, наземного транспорта и энергетики
Кафедра материаловедения, сварки и производственной безопасности
22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине: Технологическое оборудование в производстве, обработке и переработке материалов и покрытий

Тема: «Разработка технологического процесса и выбор оборудования для изготовления заготовки детали Вал 35ХГСА»

Обучающейся 1539 _____ Ситдикова А.И.
(номер группы) (подпись) (Ф.И.О.)

Руководитель к.т.н, доц.каф. МСиПБ _____ Шибает П.Б.
(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

Курсовая работа зачтена с оценкой _____

(подпись, дата)

Казань 2022

					МСиПБ 22.03.01 ПЗ КП			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Ситдикова			Вал 35ХГСА	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Шибает П.Б.					1	
						КНИТУ-КАИ		
						гр.1539		

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. Состав и свойства стали.....	5
1.1 Химический состав.....	5
1.2 Механические свойства.....	6
1.2 Физические свойства.....	8
2. Применение.....	9
3. Химико-термическая обработка стали и исходные данные	10
3.1 Чертёж детали.....	11
3.2 Объём производства заготовок.....	11
3.3 Назначение детали.....	22
3.4 Условия эксплуатации.....	25
3.5 Термическая обработка.....	26
3.6 Оборудование для термообработки.....	29
3.7 Химико-термическая обработка.....	32
4. Анализ классификационных свойств стали.....	35
5. Оборудование, применяемое для изготовления стали.....	37
6. Характеристика строения и механических свойств поверхностного слоя стали.....	40
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	41
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	42
ПРИЛОЖЕНИЕ 1.....	43

ВВЕДЕНИЕ

Сталь – деформируемый (ковкий) сплав железа с углеродом (до 2%) и другими элементами. Кроме железа и углерода в сталях содержатся полезные и вредные примеси.

Сталь является наиболее важным материалом, используемым в большинстве отраслей промышленности. Сталь является основным металлическим материалом, широко применяемым для изготовления деталей машин, самолетов, приборов, различных инструментов и строительных конструкций. Широкое применение сталей обусловлено комплексом механических, физико-химических и технологических свойств. Способы широкого производства стали были открыты в середине 19 века. В это же время уже проводились первые металлографические исследования железа и его сплавов.

Стали сочетают высокую жесткость с достаточной статической и циклической прочностью. Эти параметры можно изменять в широких пределах путем изменения концентрации углерода, легирующих элементов и технологий термической и химико-термической обработки. Изменяя химический состав, можно получать стали с различными свойствами и использовать их во многих отраслях техники и народного хозяйства. В моей курсовой работе будет рассмотрен такой вид стали как Сталь 35ХГСА, будут рассмотрены основные характеристики этой стали (химический состав, механические и физические свойства и т.д.)

Актуальность курсового проекта данной темы является разработка технологического процесса и выбор оборудования для изготовления заготовки детали Вал 35ХГСА

Цель данного проекта заключается в том чтобы закрепить знания, полученные при изучении курса технологии машиностроения, получить опыт проектирования технологического процесса изготовления детали типа «Вал 35ХГСА», подобрать оборудование, приспособления, так же приобрести

					МСиПБ 22.03.01 ПЗ КП	3
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		лист

навыки выполнения расчетов при решении типовых технологических задач с использованием технической справочной литературы и нормативной документации.

Основные задачи курсового проекта в области машиностроения и перспективы его развития:

- приближение формы заготовки к форме готового изделия за счет применения методов пластической деформации, порошковой металлургии, проката специального профиля и других прогрессивных видов заготовок;

- автоматизация технологических процессов за счет использования автоматических загрузочных устройств, манипуляторов, промышленных роботов, автоматических линий, станков с ЧПУ;

- концентрация переходов и операций, использование специальных и специализированных машин;

- применение групповой технологии и высокопроизводительного оборудования;

- применение эффективных смазочно-охлаждающих жидкостей с подачей их в зону резания;

- разработка и внедрение конструкций высокопроизводительного режущего инструмента из твердых сплавов, минеральной керамики, синтетических сверхтвердых материалов, быстрорежущих сталей повышенной и высокой производительности;

- широкое использование электрофизических и электрохимических методов обработки, нанесение износостойких покрытий.

Курсовой проект состоит из введения, шести пунктов, заключения и списка использованных источников.

					МСиПБ 22.03.01 ПЗ КП	4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		лист

1. Состав и свойства стали

1.1 Химический состав

Химический состав — это совокупность оксидных составляющих. Он позволяет судить о характере сырья или материала по отношению его к химической среде и высокой температуре. Химический состав стали 35ХГСА представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав стали 35ХГСА

Химический состав	%
Кремний (Si)	1,10-1,40
Медь (Cu)	0,30
Марганец (Mn)	0,80-1,10
Никель (Ni), не более	0,30
Фосфор (P), не более	0,025
Хром (Cr)	1,10-1,40
Сера (S), не более	0,025

Из таблицы видно, что в стали вида 35ХГСА содержится примерно по 1%, таких химических элементов, как: Si, Mn, Cr.

Углерод, присутствующий в стали, определяет ее твердость и прочность. Марганец уменьшает красноломкость стали, повышает ее твердость, прочность на растяжение и эластичность, снижает ударную вязкость. Хром придает стали твердость, повышает предел прочности, текучесть и эластичность. Хром в сочетании с никелем придает стали кислотостойкость. Никель повышает механические свойства стали (предел прочности, предел текучести и вязкость). Хрупкие слои, богатые фосфором, расположенные в межкристаллитном пространстве, снижают пластические свойства металла, особенно при низких температурах (хладноломкость). Допустимое содержание фосфора 0,025%. Также межкристаллитные прослойки богатой серой фазы размягчаются при нагреве металла перед прокаткой или ковкой, при этом сталь

теряет свои свойства, а металл разрушается (красная хрупкость). Содержание серы должно быть менее 0,025%.

1.2 Механические свойства

Механические свойства - совокупность показателей, характеризующих сопротивление материала действующей на него нагрузке, его способность к деформации при этом, а также особенности его поведения в процессе разрушения. К основным механическим свойствам относятся прочность, ударная вязкость, твердость, относительное удлинение и сужение. Они являются основными характеристиками металла или сплава. Механические свойства стали 35ХГСА приведены в табл. 2. Рассмотрим некоторые термины, используемые при характеристике механических свойств.

Под **прочностью** материала понимают его способность сопротивляться деформации или разрушению под действием статических или динамических нагрузок. О прочности судят по характеристикам механических свойств, которые получают при механических испытаниях. Испытания на статическую прочность включают растяжение, сжатие, изгиб, кручение, вдавливание. Динамические испытания включают испытания на ударную вязкость, выносливость и износостойкость.

Вязкость — это свойство материала, которое определяет его способность к поглощению механической энергии при постепенном увеличении пластической деформации вплоть до разрушения материала. Ударная вязкость в кгм/см² определяется на образцах, подвергаемых на копре разрушению ударом отведенного в сторону маятника. Для этого работу деформации в кгм делят на площадь поперечного сечения образца в см².

Твердость — это способность материала сопротивляться проникновению в него других тел. Твердость по Бринеллю (НВ) определяют на зачищенной поверхности образца, в которую вдавливают стальной шарик диаметром 5 - 10 мм под соответствующей нагрузкой в 750 или 3000 кг и

									МСиПБ 22.03.01 ПЗ КП	6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						лист

замеряют диаметр d образовавшейся лунки. Отношение нагрузки в кг к площади лунки $\pi d^2 / 4$ в мм^2 дает число твердости.

Относительное удлинение — это отношение приращенной в результате растяжения длины к первоначальной длине образца, выраженное в процентах.

Относительное сужение — это отношение уменьшенной площади поперечного сечения образца к первоначальному сечению, где первоначальная площадь поперечного сечения.

Предел текучести для остаточной деформации - это напряжение, при котором в материале развивается остаточная деформация, также это практическое приближение предела упругости, (остаточная деформация - часть деформации, не исчезающая после устранения воздействий, вызвавших её).

Таблица 2 - Механические свойства при $T = 20^\circ\text{C}$ материала Сталь 35ХГСА

Сортамент	Размер	Напр.	s_B	$\sigma_{\text{пц}}$	$\delta_{\text{уд}}$	ψ	КСУ	Термообработка	НВ 10 ⁻¹ (после отжига)
-	Мм	-	МПа	МПа	%	%	кДж / м ²	-	МПа
Поковки	100 - 300	-	660	490	13	40	540	закалка и отпуск	241

Обозначения:

s_B - Предел кратковременной прочности, [МПа];

$\sigma_{\text{пц}}$ - Предел пропорциональности (предел текучести для остаточной деформации), [МПа];

$\delta_{\text{уд}}$ - Относительное удлинение при разрыве, [%];

ψ - Относительное сужение, [%];

КСУ - Ударная вязкость, [кДж / м²];

НВ - Твердость по Бринеллю, [МПа].

1.3 Физические свойства

Физические свойства - свойства, присущие веществу вне химического взаимодействия. Вещество остается самим собой, то есть химически неизменным, до тех пор, пока сохраняются неизменными состав и строение его молекул.

К физическим свойствам сталей относят температуру плавления, теплопроводность, тепловое расширение, теплоемкость, электропроводность, упругость и др. В зависимости от химического состава стали и соотношения присутствующих в нем компонентов температура плавления может находиться в границах 1420-1525 °С, если такая сталь подлежит разливке в формы в процессе металлургического производства, то температуру необходимо поддерживать еще на 100-150 градусов выше. Важным фактором, который влияет на температуру плавления, является уровень содержания в сплаве углерода. Если его содержание высоко, то температура будет ниже, и наоборот – при понижении количества углерода температура повышается. Такое физическое свойство стали, как упругость представлено в таблице 3.

Таблица 3 - Физические свойства стали 35ХГСА

Температура испытания, °С	20	100	200	300	400	500	600	700	800
Модуль нормальной упругости, Е, Па	84	82	79	75	71	66	62	54	47

2. Применение

Данный вид стали 35ХГСА предназначен для изготовления деталей сложной конфигурации, работающих в условиях знакопеременных нагрузок, а именно:

- фланцы;
- кулачки;
- пальцы;
- валики;
- рычаги;
- оси;
- зубчатые колеса;
- корпуса обшивки;
- лопатки компрессорных машин, работающие при температуре до 200 °С;
- валы, работающие при знакопеременных нагрузках;
- толкатели;
- ответственные сварные конструкции;
- крепежные детали, работающие при низких температурах;
- детали сварных конструкций;
- другие улучшаемые детали сложной конфигурации, работающие в условиях знакопеременных нагрузок.

					МСиПБ 22.03.01 ПЗ КП	9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		лист

3. Химико-термическая обработка стали и исходные данные

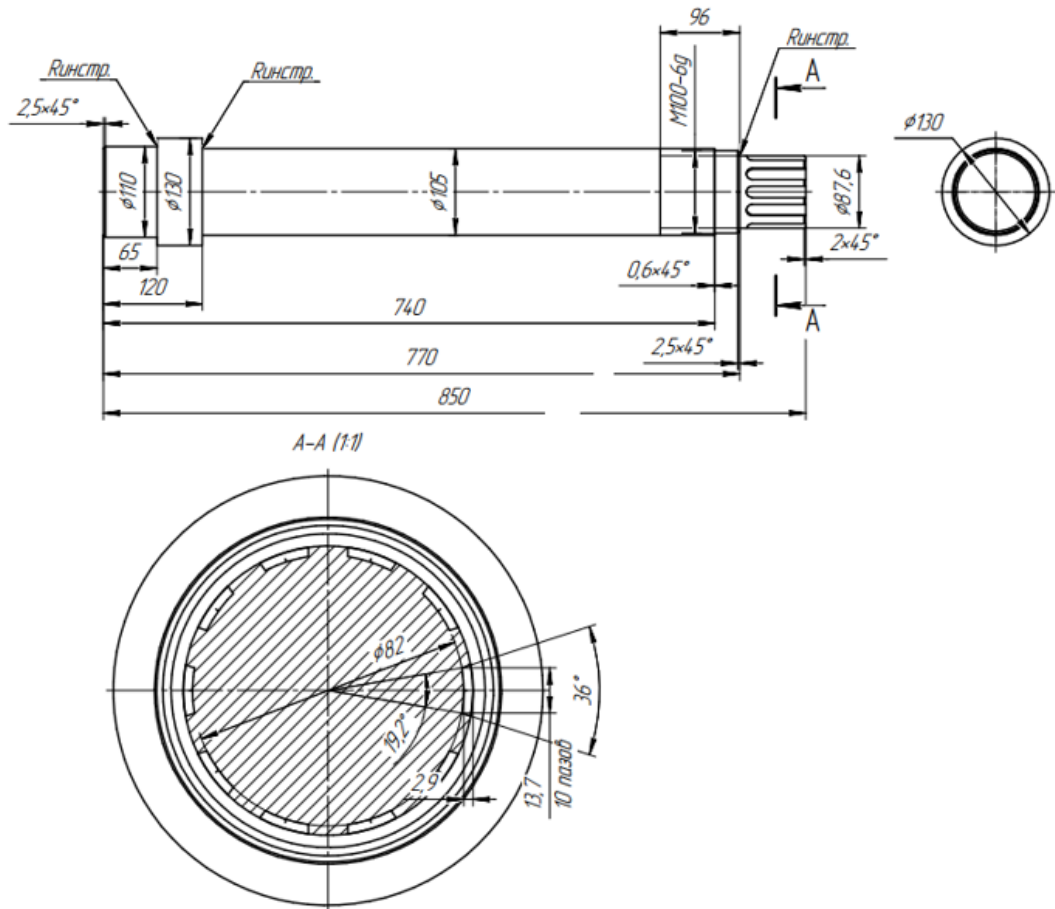
Химико-термическая обработка – это нагрев и выдержка металлических (а в ряде случаев и неметаллических) материалов при высоких температурах в химически активных средах (твердых, жидких, газообразных).

В подавляющем большинстве случаев химико-термическую обработку проводят с целью обогащения поверхностных слоев изделий определенными элементами. Их называют насыщающими элементами или компонентами насыщения.

В результате ХТО формируется диффузионный слой, т.е. изменяется химический состав, фазовый состав, структура и свойства поверхностных слоев. Изменение химического состава обуславливает изменения структуры и свойств диффузионного слоя.

					МСиПБ 22.03.01 ПЗ КП	10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		лист

3.1 Чертёж детали



3.2 Объём производства заготовок



Плавят металл в электросталеплавильном цехе, а все последующие операции по десульфурации, раскислению, легированию и доводке выполняют на установке «Ковш-печь», куда ковши с жидким металлом передаются по крановой эстакаде. После обработки на установке «Ковш-печь», получения

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

необходимого химического состава и доведения до определенной температуры металл поступает на завод, далее проводится его разливка с получением непрерывнолитой квадратной заготовки. Основным результатом реализации первого этапа реконструкции сталеплавильного производства стало улучшение технико-экономических показателей работы электросталеплавильного цеха: производительность выросла на 15% в дальнейшем планируется улучшить этот показатель. Резко возросло качество металла, увеличился выход годного металла. Расходный коэффициент в прокатном цехе снизился в 2 раза.

Плавка в ДСП, после осмотра печи и ремонта пострадавших участков футеровки, начинается с завалки шихты. В современные печи шихту загружают сверху при помощи загрузочной бадьи (корзины). Для предохранения подины от ударов крупными кусками шихты на дно бадьи загружают мелкий лом. Для раннего шлакообразования в завалку вводят известь 2-3% от массы металлической шихты. После окончания завалки в печь опускают электроды, и включают высоковольтный выключатель, начинают период плавления. На данном этапе возможна поломка электродов (из-за плохой проводимости между электродом и шихтой). Регулирование отдаваемой мощности осуществляется изменением положения электродов (длины электрической дуги) либо напряжения на электродах. В современных системах АСУ ТП достаточно указать ток работы регулятора мощности либо период работы печи, АСУ поддерживает заданный ток горения дуги - отдаваемую мощность. После периода расплава в печи образуется слой металла и шлака.

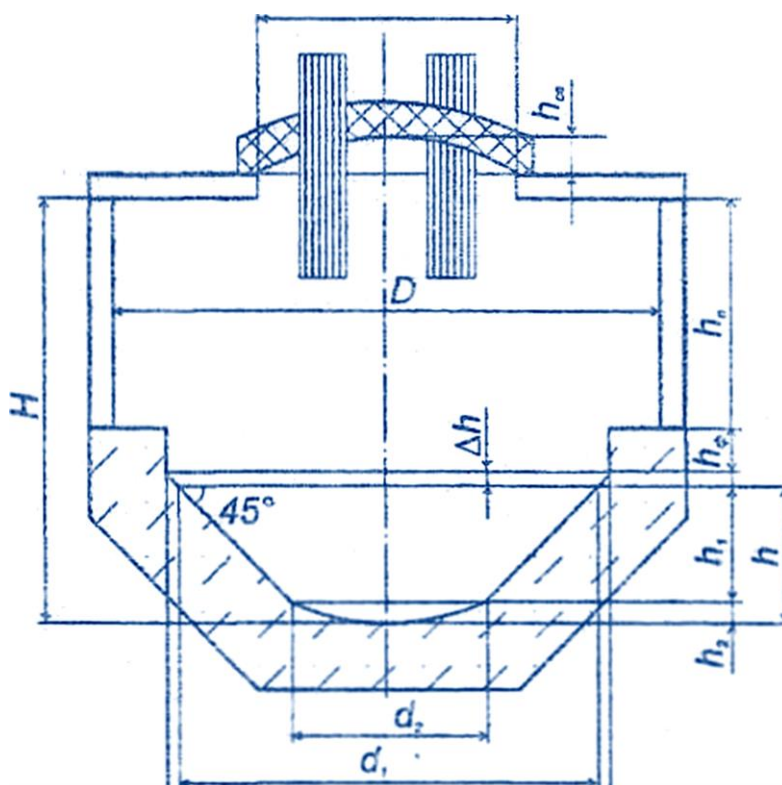
Выпуск готовой стали и шлака осуществляется через сталевыпускное отверстие и жёлоб путём наклона рабочего пространства (или, если печь оборудована вместо жёлоба донным выпуском, то через него). Рабочее окно, закрываемое заслонкой, предназначено для контроля за ходом плавки (замер температуры металла и отбор пробы химического состава металла). Так же рабочее окно может использоваться для отдачи шлакообразующих и легирующих материалов (на малых печах).

С учетом современной технологии, предусматривающей работу дуговой печи с завалкой большей части металлической шихты и подвалкой оставшейся части лома после проплавления основной части шихты, необходимый для размещения шихты объем рабочего пространства печи уменьшается, соответственно снижаются тепловые потери и увеличивается производительность печи в целом. Исходя из этого, расчет начнем с определения максимальной массы металла в печи M_m :

$$M_m = (l + k) \cdot M,$$

где M - масса сливаемого металла за плавку, т; k - коэффициент избытка металла, оставляемого в печи после слива, т.е. «болото» ($k = 0,15...0,25$).

Из анализа геометрических размеров действующих печей выведен стехиометрический коэффициент ($A = 0,35...0,40$), связывающий максимальную массу металла в печи (M_m , т) с диаметром рабочего пространства (D , м) на уровне панелей (рис. 1),



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

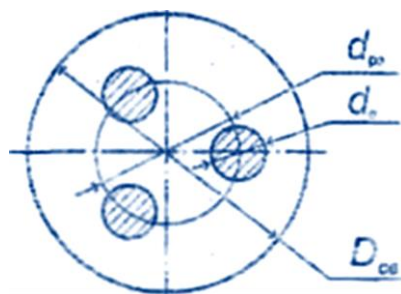


Рис. 1. Геометрическая схема дуговой сталеплавильной печи:

D - диаметр рабочего пространства, $D_{св}$ - диаметр свода печи, D_1 - диаметр ванны по верхнему краю футеровки, d_1 - диаметр верхнего основания конической части ванны, d_2 - диаметр нижнего основания конической части ванны, H - высота рабочего пространства печи, h - высота ванны, h_1 - высота конической части ванны, h_2 - высота сферической части ванны, Δh_{ϕ} - запас конической части ванны, h_{ϕ} - высота цилиндрической части футеровки, $h_{п}$ - высота водоохлаждаемых панелей, $h_{св}$ - высота подъема свода печи, $d_{р.э.}$ - диаметр распада электродов, $d_э$ - диаметр электрода.

1) Анализ геометрических параметров плавильного пространства действующих дуговых печей указывает на зависимость диаметра свободного пространства на уровне панелей (D , м) от максимальной массы жидкого металла в печи (емкости печи M , Т):

$$M = A \cdot D^3, \text{ Т};$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{M}{A}}, \text{ м};$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{100}{0,37}} = 6,46, \text{ м}.$$

2) Высота рабочего пространства печи:

$$H = m \cdot D, \text{ м}, \quad \text{где } m = 0,5 \dots 0,7;$$

$$H = 6,46 \cdot 0,7 = 4,522 \text{ м}$$

3) Максимальный объем жидкого металла в печи:

$$V_M = \frac{M}{\rho_{ж}}, \text{ м}^3,$$

где $\rho_{ж} = 6,8 \dots 7,4 \text{ т/м}^3$ - плотность жидкого металла:

$$V_M = \frac{100}{7,1} = 14,084 \text{ м}^3$$

4) Объем шлака:

$$V_{ш} = \frac{bM}{\rho_{ж}}, \text{ м}^3,$$

где $b=0,05 \dots 0,1$ - коэффициент, учитывающий долю шлака от массы металла; $\rho_{ж} = 2,8 \dots 3,2 \text{ т}$ - плотность жидкого шлака:

$$V_{ш} = \frac{0,1 \cdot 100}{3} = 3,33 \text{ м}^3$$

5) Объем ванны печи:

$$V_B = C \cdot (V_M + V_{ш}), \text{ м}^3,$$

где $C=1,1 \dots 1,15$ - коэффициент запаса, учитывающий резерв объема, необходимый для кипения и перемешивания металла:

$$V_B = 1,1 \cdot (14,084 + 3,33) = 19,155 \text{ , м}^3$$

6) Типичной формой круглой ванны является сфероконическая с углом откоса, равным 45 градусов. При этом глубина ванны (h , м) зависит от вместимости печи:

$$M=100 \text{ т.}$$

Примем глубину ванны $h=1,2$.

7) Геометрически объем ванны $V_B = V_K + V_C$, м^3 ,

где V_K и V_C - объем конической и сферической частей соответственно, м^3 .

					МСиПБ 22.03.01 ПЗ КП	15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		лист

8) Объём конической части:

$$V_k = \pi \cdot (h_1 + \Delta h) \cdot \frac{d_1^2 + d_1 \cdot d_2 + d_2^2}{12}, \text{ м}^3,$$

где $h_1 = 0,8 \cdot h$ - высота конической части, м:

$$h_1 = 0,8 \cdot 1,2 = 0,96 \text{ м.}$$

$\Delta h = 0,1 \dots 0,2$ м - запас конической части; принимаем $\Delta h = 0,15$, м;

$d_1 = D_1 - 2 \cdot \Delta h$, м - диаметр верхнего основания конуса;

$D_1 = D - 2 \cdot h_\phi$, м - диаметр по верхнему краю футеровки выше откосов;

$h_\phi = 0,25 \dots 0,35$ м - запас футеровки; принимаем $h_\phi = 0,3$ м;

$$D_1 = 6,46 - 2 \cdot 0,3 = 5,86 \text{ м.}$$

$$d_1 = 5,86 - 2 \cdot 0,15 = 5,56 \text{ м.}$$

$d_2 = d_1 - 2 \cdot h_1 = 5,56 - 2 \cdot 0,96 = 3,64$ м - диаметр нижнего основания конуса;

$$V_k = 3,14 \cdot (0,96 + 0,15) \cdot \frac{5,56^2 + 5,56 \cdot 3,64 + 3,64^2}{12} = 18,705$$

9) Объём сферической части:

$$V_c = \pi \cdot h_2 \cdot \left(\frac{3 \cdot d_2^2}{4} + h_2^2 \right) \frac{1}{6} \text{ м}^3,$$

где $h_2 = 0,2 \cdot h$ - высота сферической части, м;

$$h_2 = 0,2 \cdot 1,2 = 0,24 \text{ м,}$$

$$V_B = C \cdot (V_M + V_{Ш}) \text{ м}^3,$$

$$V_c = 3,14 \cdot 0,24 \cdot \left[\frac{3 \cdot 3,64^2}{4} + 0,24^2 \right] \frac{1}{6} = 1,255.$$

9) Геометрический объём ванны:

$$V_B = 18,705 + 1,255 = 19,96 \text{ м}^3.$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

10) Проверка:

$$\Delta b = \frac{(V_B - V_B)}{V_B} \cdot 100, \%;$$

$$\Delta b = \frac{19,96 - 19,155}{19,155} \cdot 100 = 4,2\%;$$

(Δb не должна превышать $\pm 5\%$).

11) Высота водоохлаждаемых панелей:

$$h_{\text{п}} = H - (h + \Delta h + h_{\text{ф}}), \text{ м};$$

$$h_{\text{п}} = 4,522 - (1,2 + 0,15 + 0,3) = 2,872 \text{ м}.$$

12) Объем свободного пространства между верхним и нижним уровнем панелей:

$$V_{\text{п}} = \frac{\pi D^2 h_{\text{п}}}{4} = \frac{3,14 \cdot 6,46^2 \cdot 2,872}{4} = 94,08 \text{ м}^3.$$

13) Объем между уровнем откосов и нижним уровнем панелей:

$$V_{\text{ф}} = \frac{\pi D^2 h_{\text{ф}}}{4} = \frac{3,14 \cdot 6,46^2 \cdot 0,3}{4} = 9,82 \text{ м}^3.$$

14) Полный объем рабочего пространства печи:

$$V_{\text{р.п.}} = V_{\text{в}} + V_{\text{ф}} + V_{\text{п}} = 19,155 + 9,82 + 94,08 = 123,055 \text{ м}^3.$$

15) Правильность расчёта определяется сравнением объема рабочего пространства печи ($V_{\text{р.п.}}$) с объемом загружаемых в печь шихтовых материалов, основную часть которых составляет объем металлического лома ($V_{\text{л}}$)

$$V_{\text{л}} = \frac{1,1 \cdot M}{\rho_{\text{л}}}, \text{ м}^3,$$

где 1,1- коэффициент, учитывающий расход металлошихты, т/т стали;

$$\rho_{\text{л}} = 0,7 \cdot 1,2 \frac{\text{т}}{\text{м}^3};$$

$$V_{л} = \frac{1,1 \cdot 100}{0,7} = 157,143 \text{ м}^3.$$

16) Загрузка металлошихты осуществляется в два приёма. При этом наибольшим является объём первой завалки ($V_{л}$, м³).

$$V_{л} = k_1 \cdot V_{л}, \text{ м}^3,$$

где $k_1 = 0,6 \dots 0,7$ - доля первой завалки; $V_{л} = 0,7 \cdot 157,143 = 110 \text{ м}^3$.

17) Проверка: $\Delta_{р.п.} = \frac{V_{р.п.} - \frac{V_{л}}{K_2}}{V_{р.п.}} \cdot 100, \%$

где $K_2 = 0,85 \dots 0,95$ - коэффициент заполнения печи:

$$\Delta_{р.п.} = \frac{123,055 - \frac{110}{0,9}}{123,055} = 0,67\%.$$

($\Delta_{р.п.}$ не должна превышать $\pm 5\%$).

18) Для определения размеров футерованного свода - диаметра ($D_{св}$) и выпуклости ($h_{св}$) - необходимо рассчитать диаметр электрода ($d_э$), зависящий от установленной мощности трансформатора печи (S , Вт).

Диаметр электрода:

$$d_э = \sqrt{\frac{4 \cdot I^2}{\pi \cdot i}}, \text{ м},$$

$$d_э = \sqrt{\frac{4 \cdot I^2}{\pi \cdot i}}, \text{ м},$$

где $I = (20 \dots 40) \cdot 104 \text{ А/м}^2$ - плотность тока электрода; I^2 - электрический ток во вторичной цепи трансформатора, А.

$$I_2 = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_{2л}}, \text{ А},$$

где $U_{2л} \leq 1600 \text{ В}$ - максимальное линейное напряжение во вторичной цепи трансформатора.

При $U_{2л} = 1000$ В:

$$I_2 = \frac{100000}{\sqrt{3} \cdot 1000} = 57,735 \text{ кА},$$

$$I_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot 57,735}{3,14 \cdot 30}} = 0,495, \text{ м.}$$

Принимаем $d_3 = 500$ мм.

20) Диаметр свода:

$$D_{св} = (1,5 \dots 2,5) \cdot d_3 + d_{р.э.}, \text{ м},$$

где $d_{р.э.}$ - диаметр распада электродов;

$$d_{р.э.} = K_{р.э.} \cdot d_3, \text{ м},$$

где $K_{р.э.} = 1,9 \dots 2,2$ - коэффициент распада электродов,

$$d_{р.э.} = 2,1 \cdot 0,5 = 1,05, \text{ м};$$

$$D_{св} = 2,1 \cdot 0,5 + 1,05 = 2,1, \text{ м.}$$

19) Выпуклость свода:

$$h_{св} = D_{св} \cdot K_{св}, \text{ м},$$

где $K_{св} = 0,12 \dots 0,18$ - коэффициент выпуклости свода,

$$h_{св} = 0,15 \cdot 2,1 = 0,315, \text{ м.}$$

D	D_1	$D_{св}$	d_1	d_2	d_3	$d_{р.э.}$	H	h	$h_{п}$	$h_{св}$
6,46	5,86	2,1	5,56	3,64	0,5	1,05	4,522	1,2	2,872	0,315

Так как футеровка стен ДСП выполняется с использованием водоохлаждаемых панелей, тепловой расчёт проводим для футеровки подины печи.

С учётом существующего производственного опыта выбираем схему футеровки подины ДСП-125 оснащена трансформатором мощностью 100 МВА.

Футеровка подины- многослойная. Рабочий слой (I) выполняется набивным толщиной 750мм из периклазового порошка марки ППЭ-88 на жидком стекле.

Промежуточный слой (II)- три ряда (195 мм) - периклазовый кирпич (II).

Арматурный слой (III)- два ряда (130 мм)- шамотный кирпич марки ША.

Теплоизолирующий слой (IV) толщиной 30 мм выполнен из асбестового картона, уложенного на днище стального кожуха (Ст 45) толщиной 40 мм (V)

2. Тепловое сопротивление футеровки.

Принимаем для расчёта значения средних температур слоёв футеровки:

$$t_{сл1} = 13000 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$t_{сл2} = 9000 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$t_{сл3} = 6500 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Коэффициент теплопроводности материалов (λ , Вт/м·k) для слоёв футеровки:

$$\lambda_1 = 2,5 - 0,4 \cdot 10 - 3 \cdot t_{сл1} = 2,5 - 0,4 \cdot 10 - 3 \cdot 1300 = 1,98 \frac{\text{Вт}}{\text{м}} \cdot k \text{ (при } 13000^\circ\text{C)};$$

$$\lambda_2 = 4,7 - 1,7 \cdot 10 - 3 \cdot t_{сл2} = 4,7 - 1,7 \cdot 10 - 3 \cdot 900 = 3,17 \text{ Вт/м} \cdot k \text{ (при } 9000^\circ\text{C)};$$

$$\lambda_3 = 0,84 + 0,58 \cdot 10 - 3 \cdot t_{сл3} = 0,84 + 0,58 \cdot 10 - 3 \cdot 650 = 1,22 \frac{\text{Вт}}{\text{м}} \cdot k \text{ (при } 6500^\circ\text{C)};$$

$$\lambda_4 = 0,2 \frac{\text{Вт}}{\text{м}} \cdot k;$$

$$\lambda_5 = 54 \frac{\text{Вт}}{\text{м}} \cdot k.$$

Тепловое сопротивление слоёв футеровки:

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0,55}{1,98} = 0,277 \text{ м}^2 \cdot \frac{k}{\text{Вт}}$$

$$R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{0,195}{3,17} = 0,062 \text{ м}^2 \cdot \frac{k}{\text{Вт}}$$

$$R_3 = \frac{\delta_3}{\lambda_3} = \frac{0,15}{1,22} = 0,123 \text{ м}^2 \cdot \frac{k}{\text{Вт}}$$

$$R_4 = \frac{\delta_4}{\lambda_4} = \frac{0,03}{0,2} = 0,15 \text{ м}^2 \cdot \frac{k}{\text{Вт}}$$

$$R_5 = \frac{\delta_5}{\lambda_5} = \frac{0,04}{54} = 0,001 \text{ м}^2 \cdot \frac{\text{к}}{\text{Вт}}$$

Тепловое сопротивление футеровки:

$$\sum R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 = 0,613.$$

Коэффициент теплоотдачи от кожуха днища в окружающую среду.

Принимаем $\alpha=20 \text{ Вт/ м}^2\text{к}$.

Коэффициент теплопередачи от рабочего пространства в окружающую среду:

$$K = \frac{1}{\sum R + \frac{1}{\alpha}} = \frac{1}{0,613 + \frac{1}{20}} = 15,08 \text{ Вт/м}^2.$$

Плотность теплового потока через футеровку:

$$q = k(t_{\text{вн}} - t_{\text{н}}), \text{ Вт/ м}^3 = 1,508 \cdot (1600-20) = 2382,64 \text{ Вт/ м}^3.$$

Принимаем $t_{\text{вн}}=16000^\circ\text{C}$; $t_{\text{н}} = 200^\circ\text{C}$.

Температурный напор по слоям футеровки:

$$g = \frac{\lambda_i}{\delta_i} \cdot \Delta t_i ;$$

$$\Delta t_i = g \cdot \frac{\delta_i}{\lambda_i} = g \cdot R_i ;$$

$$\Delta t_1 = g \cdot R_1 = 2382,64 \cdot 0,277 = 659,991^\circ\text{C} ;$$

$$\Delta t_2 = g \cdot R_2 = 2382,64 \cdot 0,062 = 147,724^\circ\text{C} ;$$

$$\Delta t_3 = g \cdot R_3 = 2382,64 \cdot 0,123 = 280,055^\circ\text{C} ;$$

$$\Delta t_4 = g \cdot R_4 = 2382,64 \cdot 0,15 = 357,396^\circ\text{C} ;$$

$$\Delta t_5 = g \cdot R_5 = 2382,64 \cdot 0,001 = 2,383^\circ\text{C} .$$

Температура на границах раздела слоёв футеровки:

$$t_1 = t_{\text{вн}} - \Delta t_1 = 1600 - 659,991 = 940,009^\circ\text{C} ;$$

$$t_2 = t_1 - \Delta t_2 = 940,009 - 147,724 = 792,285^\circ\text{C} ;$$

$$t_3 = t_2 - \Delta t_3 = 792,258 - 280,055 = 512,230^\circ\text{C} ;$$

$$t_4 = t_3 - \Delta t_4 = 512,230 - 357,396 = 154,834^\circ\text{C} ;$$

					МСиПБ 22.03.01 ПЗ КП	21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		лист

$$t_{\text{нар}} = t_4 - \Delta t_5 = 154,834 - 2,383 = 152,451^\circ\text{C} ;$$

Средняя рабочая температура слоёв футеровки:

$$t_{\text{сл1}} = \frac{t_{\text{вн}} + t_1}{2} = \frac{(1600 + 940,009)}{2} = 1270,005^\circ\text{C} ;$$

$$t_{\text{сл2}} = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{(940,009 + 792,285)}{2} = 866,147^\circ\text{C} ;$$

$$t_{\text{сл3}} = \frac{t_2 + t_3}{2} = \frac{(792,285 + 512,230)}{2} = 652,257^\circ\text{C} ;$$

$$t_{\text{сл4}} = \frac{t_3 + t_4}{2} = \frac{(512,230 + 154,834)}{2} = 333,532^\circ\text{C} ;$$

$$t_{\text{сл5}} = \frac{t_4 + t_{\text{нар}}}{2} = \frac{(154,834 + 152,451)}{2} = 153,642^\circ\text{C} .$$

Анализ результатов расчёта

Температуры на границах раздела слоёв футеровки не превышают допустимых значений рабочих температур для выбранных огнеупоров.

Расчётные значения средних температур слоёв футеровки соответствуют значениям, принятым при расчёте коэффициентов теплопроводности отдельных слоёв.

3.3 Назначение детали

Конструкционная легированная хромокремнемарганцовая сталь 35ХГСА используется для изготовления улучшаемых деталей, работающих при знакопеременных нагрузках, имеющих сложную конфигурацию – кулачки, фланцы, валики, пальцы, оси, рычаги, элементы сварных конструкций, другие изделия.

Сталь 35ХГСА – отечественные аналоги

Марка металлопроката	Заменитель
35ХГСА	30ХГС
	30ХГСА
	30ХГТ
	35ХМ

Материал 35ХГСА – характеристики

Марка	Классификация	Вид поставки	ГОСТ	Зарубежные аналоги
35ХГСА	Сталь конструкционная легированная	Поковки	8479–70	есть
		Сортовой прокат	4543–71	

Марка 35ХГСА – технологические особенности

Ковка

Вид полуфабриката	t, °C	Охлаждение	
		Размер сечения	Условия
		мм	
Слиток	1200–800		
Заготовка		до 100	На воздухе
		101–200	В мульде
		201–300	С печью

Сварка

Свариваемость	Способы сварки	Рекомендации
ограниченная	АрДС, РДС, АДС (флюс+ защитный газ)	Подогрев + термообработка
	КТС	ограничений нет

Флокеночувствительность

- Чувствительна
- Резка

Исходные данные			Обрабатываемость резанием K_u	
Состояние	НВ, МПа	s_B , МПа	твердый сплав	быстрорежущая сталь
горячекатаное	≤241	710	0,8	0,75

Склонность к отпускной хрупкости

- Склонна

Сталь 35ХГСА – химический состав

Массовая доля элементов не более, %:

Кремний	Марганец	Медь	Никель	Сера	Углерод	Фосфор	Хром
1,1–1,4	0,8–1,1	0,3	0,3	0,025	0,32–0,39	0,025	1,1–1,4

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Материал 35ХГСА – механические свойства

Сортамент	ГОСТ	Размеры – толщина, диаметр	Режим термообработки	t	KCU	$\delta_{уд}$	δ	σ_T	S_B
		мм		$^{\circ}C$	кДж/м ²	%	%	МПа	МПа
Пруток	4543–71		Закалка		390	40	9	1275	1620
			Отпуск						
Поковки		100–300	Закалка		540	40	13	490	660
			Отпуск						

Механические свойства 35ХГСА зависимости от сечения заготовки

Сечение	$\delta_{уд}$	δ	$S_{0,2}$	S_B	НВ
	%	%	МПа	МПа	МПа
Закалка (масло) 880 ⁰ С. Отпуск (вода) 500 ⁰ С					
20	54	12	1000	1110	322
40	50	11	940	1080	310
60	46	11	860	960	270
Закалка (масло) 880 ⁰ С. Отпуск (вода) 600 ⁰ С					
40	58	14	810	970	280
60	58	13	780	880	250

Температура критических точек, $^{\circ}C$

Критические точки	A_{c1}	A_{c3}	A_{r3}	Mn
Температура	760	830	705	670

Ударная вязкость, Дж/см²

Режимы термообработки	Среда	t	Выдержка ч	KCU при температурах			
		$^{\circ}C$		-80 ⁰ С	-60 ⁰ С	-40 ⁰ С	+20 ⁰ С
Закалка	масло	880			39	49	56
Отпуск	воздух	200					
Закалка	масло	880			39	49	
Отпуск	воздух	300					
Закалка	масло	880			29	39	
Отпуск	воздух	400					
Изотермическая закалка		880			37	48	
	селитра	300					
Отпуск	воздух	300	1				

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

35ХГСА – точные и ближайшие зарубежные аналоги

Болгария	Польша
BDS	PN
35ChGSA	35HGS 35HGSA

Сталь 35ХГСА – область применения

Сталь марки 35ХГСА используется в машиностроении для изготовления деталей сложной конфигурации с высокими требованиями к износостойкости/прочности, работающих при температурах до 200⁰С в условиях знакопеременных нагрузок.

Условные обозначения

НВ	KCU	ψ	$\delta_{уд}$	σ_T	S_B
МПа	кДж / м ²	%	%	МПа	МПа
Твердость по Бринеллю	Ударная вязкость	Относительное сужение	Относительное удлинение при разрыве	Предел текучести	Предел кратковременной прочности

Механические свойства

K_u	$S_{0,2}$	τ	σ
Коэффициент относительной обрабатываемости	Условный предел текучести с 0,2% допуском при нагружении на значение пластической деформации	Предел выносливости при кручении (симметричный цикл)	Предел выносливости при сжатии-растяжении (симметричный цикл)
	Без ограничений	Ограниченная	Трудносвариваемая
Подогрев	нет	до 100–120 ⁰ С	200–300 ⁰ С
Термообработка	нет	есть	отжиг

3.4 Условия эксплуатации

35ХГСА (заменители: 30ХГС, 30ХГСА, 30ХГТ, 35ХМ)

Класс: Сталь конструкционная легированная

					МСиПБ 22.03.01 ПЗ КП	25 лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Вид поставки: сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543-71, ГОСТ 2590-2006, ГОСТ 2591-2006, ГОСТ 2879-2006, ГОСТ10702-78.

Калиброванный пруток ГОСТ 4543-71, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78, ГОСТ 7417-75, ГОСТ 1051-73, ГОСТ 10702-78.

Шлифованный пруток и серебрянка: ГОСТ 4543-71, ГОСТ 14955-77.
Полоса: ГОСТ 103-2006.

Поковки и кованые заготовки ГОСТ 4543-71, ГОСТ 8479-70, ГОСТ 1133-71.

Использование в промышленности: фланцы, кулачки, пальцы, валики, рычаги, оси, детали сварных конструкций и другие улучшаемые детали сложной конфигурации, работающие в условиях знакопеременных нагрузок.

3.5 Термическая обработка

Термическая обработка придает стальным изделиям определенные механические свойства: высокую твердость, благодаря чему повышается износостойкость, меньшую хрупкость для улучшения обработки или повышения ударной вязкости и т. д. Это достигается нагревом, а затем охлаждением стали по строго определенному температурному режиму. В результате структура стали изменяется в правильном направлении, что определяет ее механические свойства.

Различают следующие виды термической обработки стали: закалка, отпуск, отжиг и нормализация.

Закалка – это термическая обработка стали путем ее нагрева до определенной температуры, выдержки в течение некоторого времени при этой температуре до завершения фазовых превращений с последующим быстрым охлаждением в воде, масле и других жидкостях. При закалке твердость и прочность увеличиваются, а ударная вязкость снижается. Закаленная сталь очень хрупкая, что делает ее непригодной для практического использования.

Отпуску подвергают сталь после закалки для уменьшения хрупкости и ослабления внутренних напряжений. Отпуск стали заключается в нагреве ее ниже температуры закалки с последующим постепенным охлаждением на воздухе. В зависимости от вида отпуска изделие нагревают от 150 до 550°C. С повышением температуры отпуска сильно изменяются механические свойства закаленной стали, т. е. уменьшаются предел прочности и твердость, увеличиваются относительное удлинение и ударная вязкость.

Отжиг уменьшает структурную неоднородность стали, придает мелкозернистую структуру, снижает напряжение, возникшее при обработке давлением или литьем, а также улучшает обрабатываемость стали резанием.

Нормализация по существу представляет собой процесс отжига. Стальное изделие нагревают до температуры несколько ниже температуры закалки, выдерживают сталь при этой температуре, а затем охлаждают на воздухе. В результате сталь получается более мелкозернистой, чем при отжиге, ее твердость, прочность и ударная вязкость повышаются по сравнению с отожженной сталью.

Рассматриваемый вид стали также подвергается термообработке, при этом в таблице 4, таблице 5 и таблице 6 мы видим изменения некоторых механических свойств стали 35ХГСА, а именно, как изменяются предел текучести, относительное удлинение, относительное удлинение и т.д.

					МСиПБ 22.03.01 ПЗ КП	27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		лист

Таблица 4 – Термообработка стали 35ХГСА

Термообработка					Предел текучести σ_T , (кгс/мм ²) не менее	Временное сопротивление σ_B , Н/мм ² (кгс/мм ²)	Относительное удлинение, $\delta_{уд}$, %	Относительное сужение ψ , %	Ударная вязкость КСУ, Дж/см ² (кгс·м/см ²)	Размер сечения заготовок для термической обработки (диаметр круга или сторона квадрата), мм
Закалка		Отпуск								
Температура, °С		Среда охлаждения	Температура, °С	Среда охлаждения						
1-й закалки или нормализации	2-й закалки									
Изотермическая закалка при 880 °С с смеси калиевой и натриевой селитры, имеющей температуру 280-310 °С, охлаждение на воздухе					1275(130)	1620(165)	9	40	39(4)	-
950	890	Масло	230	Воздух или масло						

Таблица 5 – Изменение свойств стали при одновременной закалке и отпуске, а также при изотермической закалке без отпуска стали 35ХГСА

Температура отпуска, °С	Предел текучести, $\sigma_{0,2}$ МПа	Временное сопротивление σ_B , МПа	Относительное удлинение, $\delta_{уд}$, %		Относительное сужение ψ , %	КСУ, Дж/см ²	HRC
Закалка 880 °С, масло.							
200	1570	1910	12		48	49	52
300	1550	1760	12		50	59	50
400	1420	1620	12		51	44	47
500	1180	1300	14		52	44	42
Изотермическая закалка 880 °С, селитра 300 °С							
без отпуска	1460	1670	12		52	70	50
300	1450	1670	12		55	71	50
400	1410	1570	14		54	53	48
500	1220	1330	14		53	39	43

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Таблица 6 – Изменение свойств стали при одновременной закалке и при отпуске стали 35ХГСА (причем охлаждающие среды данных видов термических обработок различны)

Сечение, мм	Предел текучести, $\sigma_{0,2}$	Временное сопротивление σ_B ,	Относительное удлинение, $\delta_{уд}$	Относительное сужение ψ	НВ
	МПа		%		
Закалка 880 °С, масло. Отпуск 500 °С, вода					
20	100	1110	12	54	322
40	940	1080	11	50	310
60	860	960	11	46	270
Закалка 880 °С, масло. Отпуск 600 °С, вода					
40	810	970	14	58	280
60	780	880	13	58	250

Температура испытания, °С	Предел текучести, $\sigma_{0,2}$	Временное сопротивление σ_B ,	Относительное удлинение, δ	Относительное сужение ψ	HRC
	МПа		%		
Закалка 880 °С, масло. Отпуск 500 °С					
20,	1200	1300	11	52	42
250	-	1260	12	57	-
400	-	1000	14	72	-
500	-	540	31	70	-

3.6 Оборудование для термообработки

Нагрев стали для термической обработки производится в термических печах. Различают термические печи электрические, работающие на газообразном и жидком топливе.

Электрические печи обеспечивают температуру 1350⁰С, они позволяют очень точно регулировать температуру.

По способу передачи тепла деталям, подвергающимся термообработке, печи подразделяются на камерные, муфельные, шахматные, печи-ванны.

В камерных печах детали загружаются в камеру, сюда же поступают и горячие газы.

В муфельных печах изделия загружаются в муфель (камеру), который снаружи нагревается.

В шахтных печах рабочее пространство (шахта) вытянуто в вертикальном направлении, изделия загружаются сверху.

В электрических печах-ваннах рабочее пространство представляет собой тигель, муфель, ванну с расплавленными солями или маслом, куда погружаются изделия. Они обеспечивают более равномерный и быстрый нагрев, детали в них меньше окисляются.

По назначению различают печи для отжига, нормализации, закалки, отпуска, цементации и т. п. Каждая из этих печей имеет свои конструктивные особенности, определяемые характером вида обработки. При термической обработке температуры измеряются термометрами, термоэлектрическими (состоящими из термопары и гальванометра) и оптическими пирометрами (состоящего из аккумулятора, лампочки, реостата, зрительной трубы).

Когда нет приборов, температуру можно определить приближенно по цветам побежалости (таблица 7) – появляющейся оксидной плёнке на светлой поверхности металла при нагревании в пределах температур от 220-330⁰С и цветам каления – цветам свечения, которые приобретает раскалённый металл при 530- 1300⁰С.

					МСиПБ 22.03.01 ПЗ КП	30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		лист

Таблица 7 - Цвета побежалости и цвета калиения и соответствующие им температуры

Цвета побежалости	Температура, °С	Цвета калиения	Температура, °С
Светло-жёлтый	220	Начало свечения	530-580
жёлтый	230	Тёмно-красный	580-660
коричневый	255	Тёмно-вишнёвый	660-720
Коричнево-красный	265	Светло-вишнёвый	780-830
Фиолетовый	285	Светло-красный	900-1050
Тёмно-синий	295-310	Светло-жёлтый	1150-1250
серый	330	Белый	1250 и выше

Рассмотрим электропечь, применяемую для закалки и отпуска (электропечь СТЗ-5.40 5/10-Б1). В таблице 8 приведены габаритные размеры печи, а так же размеры поддона.

Таблица 8 - Габаритные размеры печи

	длина, мм	ширина, мм	высота, мм
Рабочие размеры поддона	500	500	500
Габариты электропечи	8785	8570	3960

В данной печи производится нагрев электрическими свободно излучаемыми нагревателями до необходимой температуры, в данной работе нагрев для отпуска производится до температуры 500°С (номинальная температура печи 958-850°С). Так же нагрев в печи производится в атмосфере эндогаза.

Следует уделить большое внимание технике безопасности при работе с электропечами. В процессе их эксплуатации должны соблюдаться правила, обеспечивающие безопасность работы и длительный срок их службы. При обслуживании электрических печей основное внимание должно быть

обращено на выполнение правил электробезопасности, оговоренных в правилах устройства электроустановок. Все токонесущие части электрических печей должны быть изолированы или ограждены, а также заземлены. От токонесущих частей до ограждения в виде сетки должно быть расстояние не менее 100 мм. Все электропечи должны быть снабжены автоблокировочным устройством, отключающим питание печи при открывании окон и заслонок. В электропечах с вентиляторами, в рабочем пространстве которых циркулируют горючие или токсичные газы, при открывании заслонок должно автоматически отключаться электропитание вентиляторов. В печах с механизированным подъемом и опусканием заслонок с помощью электропривода должно быть предусмотрено устройство, исключающее самопроизвольное опускание или подъем заслонки при отключении питания или неисправности механизмов. В таблице 9 представлены технические характеристики электропечи СТЗ-5.40 5/10-Б1.

Таблица 9 - Техническая характеристика печи

Наименование	Норма
Напряжение сети	380 В
Число фаз	3
Частота	50 Гц
Производительность	450 кг/ч
Время разогрева печи	174 мин
Удельный расход электроэнергии	0,472 кВт/ч
Атмосфера электропечи	Эндогаз
Расход защитного газа	36 ч

3.7 Химико – термическая обработка

Рассмотрим более подробно понятие химико- термической обработки.

Химико-термическая обработка (ХТО) - совокупность операций термической обработки с насыщением поверхности изделия различными элементами (углерод, азот, алюминий, кремний, хром и др.) при высоких температурах.

Поверхностное насыщение стали металлами (хромом, алюминием, кремнием и др.), образующими с железом твердые растворы замещения, более

энергоемко и длительно, чем насыщение азотом и углеродом, образующими с железом твердые растворы внедрения. В этом случае диффузия элементов легче протекает в решетке альфа-железа, чем в более плотно упакованной решетке гамма-железа.

Химико-термическая обработка повышает твердость, износостойкость, морозостойкость, коррозионную стойкость. Химико-термическая обработка, создавая на поверхности изделий благоприятные остаточные сжимающие напряжения, повышает надежность и долговечность. Различают следующие виды ХТО:

Цементация – процесс насыщения поверхности изделия углеродом. Науглероживание повышает твердость и износостойкость поверхности детали при сохранении прочности сердцевины. Различают твердую и газовую цементацию.

Азотирование – это процесс насыщения поверхностного слоя азотом. Целью азотирования является создание поверхностного слоя с особо высокой твердостью, износостойкостью, повышенной усталостной прочностью и коррозионной стойкостью в водной, паровоздушной и влажной атмосфере.

Нитроцементация - процесс одновременного насыщения углеродом и азотом. Этот процесс проводится при 840-860 градусах. Продолжит процесса от 4 до 10 часов.

Цианирование - это процесс насыщения углеродом и азотом вследствие окисления расплавленных цианистых солей. Этот процесс проводится при 820-960 градусах.

Борирование - насыщение поверхности деталей бором для повышения твердости, стойкости к износу в абразивных средах, коррозии-, кислото-, жаро- и теплостойкости.

Хромирование — диффузионное насыщение поверхности стальных изделий хромом, либо процесс осаждения на поверхность детали слоя хрома из электролита под действием электрического тока.

Алитирование - насыщение поверхности металлических изделий алюминием. Алитированный слой хорошо защищает от окисления изделия, эксплуатируемые при повышенных температурах (до 1100⁰С). Это объясняется образованием плотной пленки оксида Al_2O_3 , предохраняющей металл от окисления. Алитирование увеличивает коррозионную стойкость изделий в азотсодержащих средах, защищает от науглероживания при нагреве в восстановительных углеродсодержащих средах.

					МСиПБ 22.03.01 ПЗ КП	34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		лист

4. Анализ классификационных свойств стали 35ХГСА

К основным классификационным свойствам стали относятся: марка, заменители, применение и т.д. Рассмотрим их в таблице 10.

Таблица 10 – Основные классификационные свойства (сталь 35ХГСА)

Марка	35ХГСА
Заменитель	Сталь 30ХГС, сталь 30ХГСА, сталь 30ХГТ, сталь 35ХМ
Классификация	Сталь конструкционная легированная, хромокремнемарганцовая
Вид поставки	Сортовой прокат, в том числе фасонный ГОСТ 4543-71, ГОСТ 2590-71, ГОСТ 2591-71, ГОСТ 2879-69, ГОСТ 10702-78. Калиброванный пруток ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78, ГОСТ 10702-78, ГОСТ 1051-73, ГОСТ 4543-71. Шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 4543-71, ГОСТ 14955-77. Полоса ГОСТ 103-76. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 1133-71, ГОСТ 8479-70, ГОСТ 4543-71
Применение стали	Фланцы, кулачки, пальцы, валики, рычаги, оси, детали сварных конструкций и другие улучшаемые детали сложной конфигурации, работающие в условиях знакопеременных нагрузок
Зарубежные аналоги	35ChGSA(Болгария); 35NGS, 35HGSA(Польша)
Термообработка	Закалка и отпуск
Температура ковки, °С	С 1250, до 860-880. Сечения до 100 мм охлаждаются на воздухе, 101-200 мм - в мульде, 201-300 мм - с печью.
Свариваемость материала	Ограниченно свариваемая
Флокеночувствительность*	Чувствительна

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Склонность к отпускной хрупкости	Склонна
Обрабатываемость резанием	В горячекатанном состоянии при HB 207-217 МПа
Твердость материала	HB 10 ⁻¹ = 241 МПа

Флокеночувствительность - склонность стали и некоторых сплавов к поражению флокенами. Появление флокенов обычно связывают с уровнем содержания водорода в стали.

Отпускная хрупкость - хрупкость закаленной легированной стали после отпуска в определенном интервале температур, вызванная аномальным снижением энергии разрушения вследствие неравномерного распада пресыщенного твердого раствора мартенсита.

5. Оборудование, применяемое для изготовления стали

Сталь 35 ХГСА - легированная, поэтому ее можно производить разными способами плавания, т.е. в разных печах, основными из которых являются: специальная печь грушевидной формы(конвертерный способ выплавки), мартеновская печь и дуговая печь.

При конвертерном способе применяют специальную печь грушевидной формы, вращающуюся на горизонтальной оси (рис. 2). В настоящее время по этому способу выплавляют в среднем 10% стали. После того как в конвертер залит жидкий чугун (с частичным заполнением объема), сквозь него через отверстия в днище продувают под давлением воздух. Окисляя железо, кислород воздуха образует соединение FeO , называемое закисью железа, растворимое в жидком металле, реагирующее на примеси и переходящее в сталь. Переход примесей в шлак уменьшает их содержание в выплавляемом металле. Недостаток конвертерного способа — повышение содержания в стали азота, получающееся вследствие продувания воздуха. Кроме того, конвертерный способ не позволяет перерабатывать большое количество стального лома.

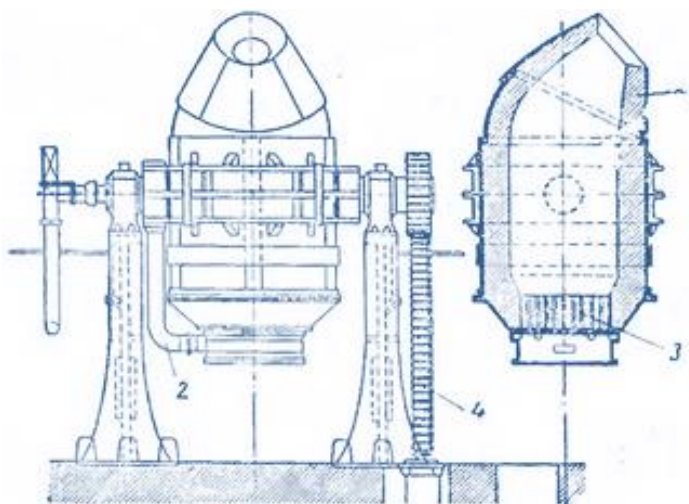


Рис 2. Схема конвертера: 1 — огнеупорная футеровка; 2 — воздухопровод; 3 — отверстия в днище для подачи воздуха; 4 — рейка поворотного механизма печи

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

По мартеновскому способу плавка стали ведется на поду пламенной отражательной печи (рис. 3), верхняя часть рабочего пространства которой ограничена сводом, отражающим тепловой поток. Для получения необходимой температуры в рабочем пространстве печи сжигается в смеси с воздухом горючее (в большинстве случаев газ). Мартеновский способ является универсальным, позволяющим получать стали разного качества с добавкой при выплавке их чугуна и стального лома (так называемого скрапа) и даже железных руд.

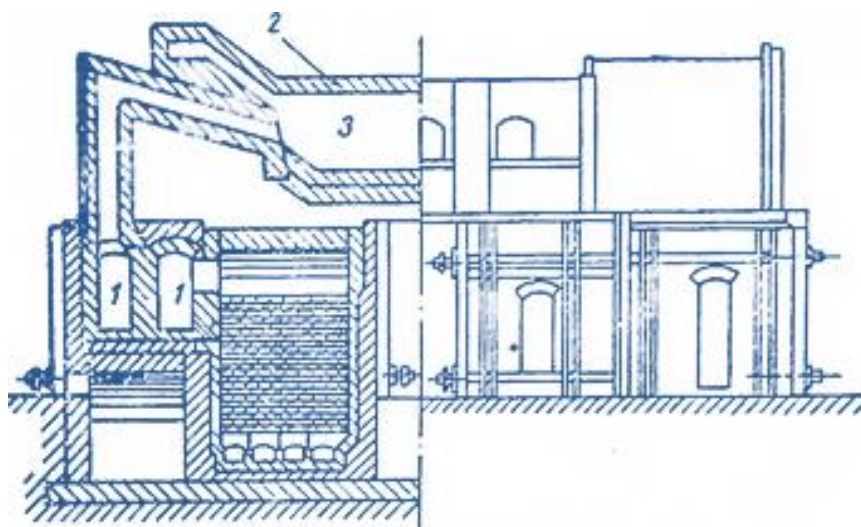


Рис. 3. Разрез мартеновской печи: 1 - каналы для подогретого воздуха и газа; 2 - свод печи; 3 - рабочее пространство печи, в котором плавится сталь.

Электроплавка, производящаяся в дуговой печи (рис. 4), является современным и наиболее совершенным способом выплавки стали. Преимущества такой печи в том, что в ней достигаются очень высокие температуры, которыми легко управлять и, следовательно, регулировать весь процесс. Доступ воздуха в топку ограничен. Полученная сталь имеет лучшее качество, чем при других процессах, за счет отсутствия окислительных газов печи и контакта металла с горючим.

Высокая температура при электроплавке создается электрической дугой между угольными электродами и расплавленным металлом. Требуемое при

плавке напряжение не превышает 150 В при силе тока до 10 тыс. В результате плавки и заливки металла в формы получают стальные слитки.

Следующим этапом является их горячая механическая обработка для получения изделий определенного сечения и длины, а в ряде случаев и для улучшения механических свойств стали.

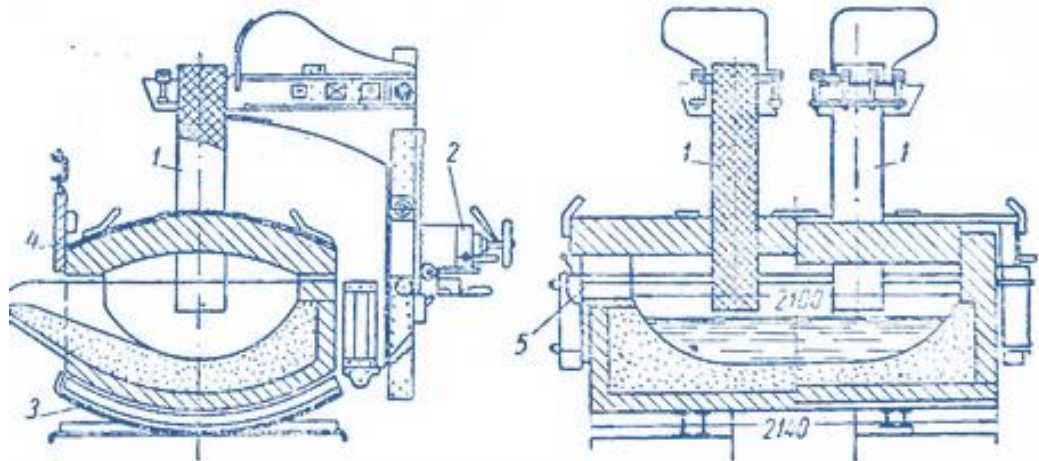


Рис 4. Дуговая печь для электроплавки: 1 - электроды; 2 - механизм для установки электродов; 3 - полозья, на которых поворачивается печь; 4 - заслонка выпускного окна; 5 - загрузочное окно

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

6. Характеристика строения и механических свойств поверхностного слоя стали

Сталь 35ХГСА относится к классу улучшаемые (среднелегированные) стали. Эти стали называют улучшаемыми потому, что их часто подвергают улучшению - термической обработке, заключающейся в закалке и отпуске при высоких температурах. Улучшаемые стали должны иметь высокую прочность, пластичность, высокий предел выносливости, малую чувствительность к отпускной хрупкости, должны хорошо прокаливаться. Химический состав некоторых улучшаемых сталей приведён в таблице 11.

Таблица 11 - Химический состав (%) некоторых улучшаемых среднелегированных сталей

Марка стали	Элементы				Другие элементы
	С	Mn	Cr	Ni	
45X	0,41-0,49	0,5-0,8	0,8-1,1	≤0,25	—
30ХРА	0,27-0,33	0,5-0,8	1,0-1,3	≤0,25	0,001-0,005В
30ХГСА	0,28-0,34	0,8-1,1	0,8-1,1	≤0,25	0,9-1,2Si
35ХГСА	0,30-0,38	0,80-1,10	1,10-1,40	≤0,30	—
45ХН	0,41-0,49	0,5-0,8	0,45-0,75	1,0-1,4	—
40ХН2МА	0,37-0,44	0,5-0,8	0,6-0,9	1,25-1,65	0,15-0,25Mo

Хромокремнемарганцевые стали (30ХГСА, 35ХГСА). Эти стали, называемые хромансиль. Не содержат дефицитных легирующих элементов. Имеют высокие механические свойства (1.2). Хорошо свариваются и заменяют хромоникелевые и хромомолибденовые стали, поэтому поверхностный слой стали 35ХГСА похож на поверхностные слои подобных ей сталей, которые представлены на рис.4 и рис.5.

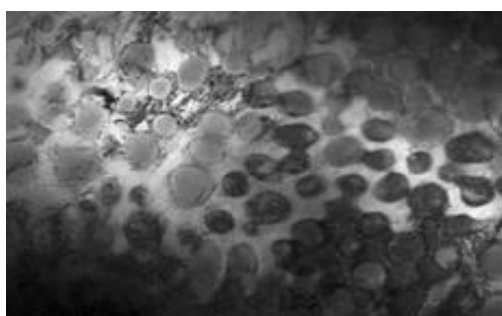


Рис. 4: Хромоникелевая сталь.

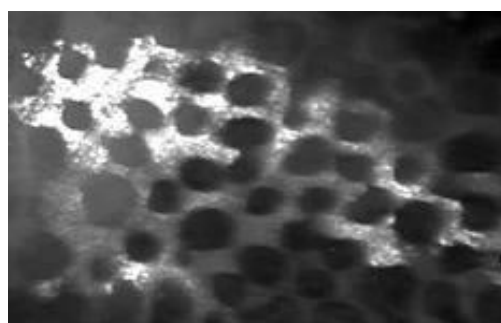


Рис. 5: Хромомолибденовая сталь.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В курсовой работе были рассмотрены все характеристики такой марки стали, как Сталь 35ХГСА: химический состав, механические и физические свойства. Определена область применения данной стали, Сталь 35ХГСА предназначена для изготовления деталей сложной конфигурации, работающих в условиях знакопеременных нагрузок. Также рассмотрены виды как термической, так и химико-термической обработки стали и их особенности. Проведен анализ классификационных свойств стали и составлена частичная характеристика структуры и механических свойств поверхностного слоя данной марки стали. Также в курсовой работе представлено оборудование, используемое для производства стали. Если говорить о стали в целом, то сталь является важнейшим конструкционным материалом для машиностроения, транспорта, строительства и других отраслей промышленности.

					МСиПБ 22.03.01 ПЗ КП	41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		лист

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Роцин А.В., Поволоцкий В.П., Грибанов В.П. Производство стали. Решение практических задач: Учебное пособие. -М.: ЮУрГУ, 2016. -228 с.;
2. Смольников Е.А. Термическая и химико-термическая обработка инструментов -М.: Машиностроение, 1989. 312 с.;
3. Кудрин В.А. Теория и технология производства стали: учебник для вузов / В.А. Кудрин. – М.: Мир, 2003. – 528 с.
4. Материаловедение и технология конструкционных материалов; Академия - Москва, 2009 - 448 с.
5. Зайцев С. А., Толстов А. Н., Грибанов Д. Д., Куранов А. Д. Метрология, стандартизация и сертификация в машиностроении; Академия - Москва, 2009 - 288 с.
6. Марков Н. Н., Осипов В. В., Шабалина М. Б. Нормирование точности в машиностроении; Высшая школа, Академия - Москва, 2001 - 336 с.

					МСиПБ 22.03.01 ПЗ КП	42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		лист

