НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА ТА ЗВАРЮВАННЯ імені Є.О. ПАТОНА
КАФЕДРА ФІЗИЧНОГО МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА ТА ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ Мирослав КАРПЕЦЬ
«16» грудня 2022 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра
за освітньо-професійною програмою «Інжиніринг та комп'ютерне моделювання в матеріалознавстві»
зі спеціальності 132 «Матеріалознавство»
на тему: «Проектування дільниці з розробкою технології термічної обробки деталей в умовах інструментального цеху заводу алюмінієвих конструкцій»

Виконала:
студентка ІІ курсу, групи ФМ – 11мп
Лопушанська Єлизавета Максимівна _____

Науковий керівник:
доц., к. т. н., доц.
Христенко Вадим Володимирович _____

Консультант з охорони праці
та безпеки в надзвичайних ситуаціях:
професор, д. т. н., Левченко Олег Григорович _____

з економічно-організаційного розділу, розробка стартапу
доцент, к. е. н., доцент
Нараєвський Сергій Вікторович _____

Консультант з нормоконтролю:
доцент, к. т. н., Христенко Вадим Володимирович _____

Рецензент:
доц., д. т. н., доц.
Мініцький Анотолій Вячеславович _____

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.
Студентка _____

Київ – 2022 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Навчально-науковий інститут матеріалознавства та зварювання
імені Є.О. Патона
Кафедра фізичного матеріалознавства та термічної обробки

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 132 Матеріалознавство

Освітньо–професійна програма «Інжиніринг та комп'ютерне моделювання в матеріалознавстві»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ Мирослав КАРПЕЦЬ
«01» вересня 2021р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Лопушанській Єлизаветі Максимівні

1. Тема дисертації «Проектування дільниці з розробкою технології термічної обробки деталей в умовах інструментального цеху заводу алюмінієвих конструкцій», науковий керівник дисертації Христенко Вадим Володимирович доц., д. т. н., доц., затверджені наказом по університету від « 09 »листопада 2022 р. №4129-с

2. Термін подання студентом дипломного проекту: 16 грудня 2022р.

4. Вихідні дані: номенклатура деталей, які піддаються термічній обробці, річна програма випуску, наявне термічне обладнання

5. Перелік завдань, які потрібно розробити:

а) виробничо-технологічна частина з номенклатурою деталей, обґрунтуванням вибору матеріалу та їх термічною обробкою;

б) спеціальна частина з розробкою технологічного процесу термічної обробки вал-шестерні силової установки екструзійного пресу;

в) теплотехнічна частина із описом основного обладнання для проведення термічної обробки;

г) охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях;

г) організаційно-економічна частина з розробкою технологічного процесу термічної обробки

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: план дільниці термічної обробки; графік режимів термічної обробки; ескіз вал-шестерні силової установки екструзійного пресу; індуктор; піч типу СНО-4.8.4/10; піч типу СШО-6.6/7.

7. Орієнтовний перелік публікацій:

1. Матеріали XI міжнародної наукової конференції “Матеріали для роботи в екстремальних умовах-11” «КПІ ім. І. Сікорського» 23 – 24 грудня 2021 року. Київ – 2021. – с. 116 – 119.

2. Матеріали XI міжнародної наукової конференції “Матеріали для роботи в екстремальних умовах-11” «КПІ ім. І. Сікорського» 23 – 24 грудня 2021 року. Київ – 2021. – с. 120 – 121.

3. Матеріали XI міжнародної наукової конференції “Матеріали для роботи в екстремальних умовах-11” «КПІ ім. І. Сікорського» 23 – 24 грудня 2021 року. Київ – 2021. – с. 122 – 123

4. Матеріали XI міжнародної наукової конференції “Матеріали для роботи в екстремальних умовах-11” «КПІ ім. І. Сікорського» 23 – 24 грудня 2021 року. Київ – 2021. – с. 135 - 136

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	Левченко О.Г., професор, д. т. н.		
з економічно-організаційного розділу, розробка стартапу	Нараєвський С. В., доцент, к. е. н., доцент		
Нормоконтроль	Христенко В.В., доцент, к. т. н.		

9. Дата видачі завдання 01 вересня 2021р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1.	Опрацювання номенклатури деталей, що підлягають термічній обробці	10.10.2021	
2.	Розрахунок виробничо-технологічної частини	28.10.2021	
3.	Розрахунок спеціальної частини	8.11.2021	
4.	Розрахунок теплотехнічної частини	17.11.2021	
5.	Розрахунок економічної частини	30.11.2021	
6.	Опис питань охорони праці	30.11.2021	
7.	Оформлення пояснювальної записки та креслень	16.12.2022	

Студентка Єлизавета ЛОПУШАНСЬКА

Науковий керівник дисертації Вадим ХРИСТЕНКО

Пояснювальна записка до магістерської дисертації, виконана на тему:

«Проектування дільниці з розробкою технології термічної обробки деталей в умовах інструментального цеху заводу алюмінієвих конструкцій»

Київ - 2022р.

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	А4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	А4	ФМ11мп.22.132.01 ПЗ	Пояснювальна записка	115	
3	А1	ФМ11мп.22.132.000 ДП	План дільниці	1	
4	А1	ФМ11мп.22.132.001 СК	Вал-шестерня	1	
5	А1	ФМ11мп.22.132.002 СК	Індуктор	1	
6	А1	ФМ11мп.22.132.003 СК	Піч камерна СНО-4.8.4/10	1	
7	А1	ФМ11мп.22.132.004 СК	Піч шахтна СШО-6.6/7	1	
8	А1		Графік режимів термічної обробки	1	

	ПІБ	Підпис	Дата	ФМ11мп.22.132.01 ПЗ		
Розробник	Лопушанська Є.М.			Відомість дипломного проекту	Лист	Листів
Керівник	Христенко В.В.				1	1
Консультант з охорони праці	Левченко О.Г.				КПІ ім. Ігоря Сікорського Кафедра фізичного матеріалознавства та термічної обробки Гр. ФМ-11мп	
Консультант економічно-організаційного розділу	Нараєвський С.В.					
Н/контр.	Христенко В.В.					
Зав.кафедри	Карпець М.В.					

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: книга 1, 127 с., 25 табл., 4 додатки, 25 джерел.

Тема: «Проектування дільниці з розробкою технології термічної обробки деталей в умовах інструментального цеху заводу алюмінієвих конструкцій».

Проаналізували та систематизували номенклатуру деталей, які піддаються термічній обробці в дільниці термічної обробки інструментального цеху алюмінієвих конструкцій. Підібрали та обґрунтували вибір матеріалів для виготовлення деталей, розробили технологічний процес їх термічної обробки. В спеціальній частині дипломного проекту проаналізували умови роботи вал-шестерні силової установки екструзійного пресу, сформулювали вимоги до матеріалу виробу, обрали та обґрунтували вибір сталі 45ХН. Розробили технологічний процес термічної обробки виробу. Спираючись на виробничу програму 150 шт/рік обрали необхідне обладнання та розрахували його кількість. Спроектували дільницю термічної оброки вал-шестерні. Розробили заходи щодо охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, обрахували собівартість термічної обробки деталі та окупність дільниці.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ТЕРМІЧНА ОБРОБКА, ГАРТУВАННЯ, ВІДПУСК, ПОВЕРХНЕВЕ ГАРТУВАННЯ, СТРУМИ ВИСОКОЇ ЧАСТОТИ, СТАЛЬ 45ХН.

ABSTRACT

Explanatory note: book 1, 127 pp., 25 tables, 4 appendices, 25 sources.

Topic: "Designing of the site with the development of the technology of heat treatment of parts in the conditions of the tool shop of the aluminum structures plant."

The nomenclature of parts subject to heat treatment in the heat treatment section of the tool shop of aluminum structures was analyzed and systematized. The choice of materials for the manufacture of parts has been selected and substantiated, and the technological process of their heat treatment has been developed. In the special part of the diploma project, the working conditions of the shaft-gear of the power plant of the extrusion press were analyzed, the requirements for the material of the product were put forward, and the choice of 45XH steel was chosen and justified. The technological process of heat treatment of the product has been developed. Based on the production program of 4,300 pcs/year, the necessary equipment was selected and its quantity was calculated. A section for thermal wear of the gear shaft has been designed. Measures for labor protection and safety in emergency situations have been developed, the cost of heat treatment of the part and the payback of the site have been calculated.

KEY WORDS: HEAT TREATMENT, HARDERING, TEMPERING, SURFACE HARDERING, HIGH FREQUENCY CURRENTS, 45XH STEEL.

ЗМІСТ

ВСТУП

Мета проекту – розробка технології термічної обробки деталей із швидкорізальних, легованих та вуглецевих сталей в інструментальному цеху заводу алюмінієвих конструкцій.

Термічна обробка дозволяє підвищити механічні властивості матеріалу та спростити механічну обробку виробу, тому часто є складовою технологічного процесу виготовлення деталей.

Проаналізувавши умови роботи виробів висунули вимоги до матеріалу, з яких вони мають бути виготовлені, обрали та обґрунтували вибір сталей. Термічна обробка дозволяє покращити механічні властивості матеріалів, такі як твердість, міцність, зносостійкість та ударна в’язкість і таким чином продовжити строк їх експлуатації. Технологічний процес термічної обробки виробів включає гартування, відпуск, цементацію, азотування та поверхневе гартування струмами високої частоти. Виходячи з цього та річної виробничої програми обрано необхідне технологічне обладнання та розрахована його кількість.

Визначивши умови роботи вал-шестерні силової установки екструзійного пресу, сформульовано вимоги та обрано матеріал, який їм задовольняє. Забезпечити високу в’язкість серцевини та твердість поверхні можна за допомогою цементації та поверхневого гартування. Цементація доволі трудомісткий та енергозатратний процес, який, враховуючи вимоги до матеріалу та річну виробничу програму можна замінити на поверхневе гартування струмами високої частоти.

1 ВИРОБНИЧО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Коротка характеристика деталей, вибір матеріалів для їх виготовлення, вибір технологічного процесу термічної обробки для виробів, які підлягають термічній обробці

Для поліпшення механічних властивостей матеріалу застосовується термічна обробка. Перелік деталей, які піддаються термічній обробці наведено в табл. 1.1. Їх можна умовно розділити на такі групи:

- різальний інструмент зі швидкорізальних сталей;
- різальний інструмент із вуглецевих сталей;
- різальний інструмент із легованих сталей;
- інструменти для холодної висадки;
- викрутки та ключі;
- пресовий інструмент;
- штамповий інструмент;
- деталі пресформ для лиття під тиском алюмінієвих сплавів;
- деталі пресформ для лиття під тиском пластмас;
- приспособи.

Перелічені деталі виготовлені з різних марок сталей хімічний склад та властивості яких наведено в табл. 1.2 та 1.3 відповідно.

1.1.1 Група різального інструменту зі швидкорізальних сталей

Різальний інструмент – інструмент, призначений для механічної обробки матеріалів різанням. Його можна класифікувати за кількома ознаками, наприклад:

- за типом матеріалу, який підлягає обробці (металорізальний, деревообробний тощо);

Таблиця 1.1 – Номенклатура деталей, які піддають термічній обробці [1-3]

Назва деталі	Марка сплаву	Розміри деталі		Маса деталі, кг		Твердість	Вид термічної обробки
		min	max	min	max		
Різальний інструмент зі швидкорізальних сталей							
Свердло	Р6М5	Ø1×56	Ø30×307	0,004	1,705	61 – 65 HRC	Гартування (1220 ^{0}С, масло), Потрійний відпуск 550 ^{0}С
Фреза дискова	Р6М5	Ø63×Ø16×1.2	Ø125×Ø22×6	0,026	0,560	61 – 65 HRC	Гартування (1220 ^{0}С, масло), Потрійний відпуск 550 ^{0}С
Фреза кінцева	Р6М5	Ø4×43	Ø40×155	0,004	1,5290	61 – 65 HRC	Гартування (1220 ^{0}С, масло), Потрійний відпуск 550 ^{0}С
Різець	Р6М5	20×30×150	40×60×150	0,707	2,826	61 – 65 HRC	Гартування (1220 ^{0}С, масло), Потрійний відпуск 550 ^{0}С
Різальний інструмент з вуглецевих сталей							
Різець	У8А	20×30×150	40×60×150	0,707	2,826	61 – 65 HRC	Гартування (780 – 800 ^{0}С, крізь воду в масло) Відпуск 160 – 200 ^{0}С
Різальний інструмент з легованих сталей							
Свердло	9ХС	Ø5×132	Ø30×307	0,015	1,705	59 – 63 HRC	Гартування (870 ^{0}С, масло), Відпуск 180 – 240 ^{0}С
	Х12Ф1	Ø5×132	Ø30×307	0,015	1,705	59 – 63 HRC	Гартування (1030 – 1050 ^{0}С, масло), Відпуск 180 – 200 ^{0}С

Продовження таблиці 1.1

Назва деталі	Марка сплаву	Розміри деталі		Маса деталі, кг		Твердість	Вид термічної обробки
		min	max	min	max		
Фреза дискова	9ХС	Ø63×Ø16×5	Ø125×Ø22×6	0,114	0,560	59 – 63 HRC	Гартування (870 ^{0}С, масло), Відпуск 180 – 240 ^{0}С
	Х12Ф1	Ø63×Ø16×5	Ø125×Ø22×6	0,114	0,560	59 – 63 HRC	Гартування (1030 – 1050 ^{0}С, масло), Відпуск 180 – 200 ^{0}С
Фреза циліндрична	9ХС	Ø100×Ø22×300	Ø150×Ø22×350	17,602	46,969	59 – 63 HRC	Гартування (870 ^{0}С, масло), Відпуск 180 – 240 ^{0}С
Різець	9ХС	20×30×150	40×60×150	0,707	2,826	59 – 63 HRC	Гартування (870 ^{0}С, масло), Відпуск 180 – 240 ^{0}С
Мітчик ручний	9ХС	М3×0.25×48	М20×2×220	0,003	0,542	59 – 63 HRC	Гартування (870 ^{0}С, масло), Відпуск 180 – 240 ^{0}С
Мітчик машинний	Х6ВФ	М3×0.25×48	М20×2×220	0,003	0,542	61 – 65 HRC	Гартування (980 – 1000 ^{0}С, масло), Відпуск 150 – 170 ^{0}С
Плоска плашка	Х12Ф1	140×60×50		2,826		56 – 60 HRC	Гартування (1030 – 1050 ^{0}С, масло), Відпуск 400 – 420 ^{0}С
	ХВГ	140×60×50		2,826		61 – 65 HRC	Гартування (830 – 850 ^{0}С, масло), Відпуск 150 – 200 ^{0}С

Продовження таблиці 1.1

Назва деталі	Марка сплаву	Розміри деталі		Маса деталі, кг		Твердість	Вид термічної обробки
		min	max	min	max		
Плашка верхня	Х12Ф1	140×60×50		2,826		56 – 60 HRC	Гартування (1030 – 1050 ^{0}С, масло), Відпуск 400 – 420 ^{0}С
	ХВГ	140×60×50		2,826		61 – 65 HRC	Гартування (830 – 850 ^{0}С, масло), Відпуск 150 – 200 ^{0}С
Плашка нижня	Х12Ф1	140×80×50		4,396		56 – 60 HRC	Гартування (1030 – 1050 ^{0}С, масло), Відпуск 400 – 420 ^{0}С
	ХВГ	140×80×50		4,396		61 – 65 HRC	Гартування (830 – 850 ^{0}С, масло), Відпуск 150 – 200 ^{0}С
Розвертка	ХВГ	Ø6×110	Ø16×180	0,047	0,284	61 – 65 HRC	Гартування (830 – 850 ^{0}С, масло), Відпуск 150 – 200 ^{0}С
Протяжка	ХВГ	10×10×300	20×20×400	0,236	1,256	61 – 65 HRC	Гартування (830 – 850 ^{0}С, масло), Відпуск 150 – 200 ^{0}С
Інструмент для холодної висадки							
Виштовхувач	Х12	Ø4×30	Ø8×120	0,003	0,047	60 – 64 HRC	Гартування (950 – 980 ^{0}С, масло), Відпуск 180 – 200 ^{0}С
Пуансон	Х12	Ø4×30	Ø8×120	0,003	0,047	60 – 64 HRC	Гартування (950 – 980 ^{0}С, масло), Відпуск 180 – 200 ^{0}С

Продовження таблиці 1.1

Назва деталі	Марка сплаву	Розміри деталі		Маса деталі, кг		Твердість	Вид термічної обробки
		min	max	min	max		
Пуансон для висадки головки гвинта	Х12	Ø20×50		0,123		60 – 64 HRC	Гартування (950 – 980 ^{0}С), Відпуск 180 – 200 ^{0}С
Пуансон для висадки хрестоподібних лунок	12ХН3А	Ø20×50		0,123		59 – 64 HRC	Цементація, Гартування (860 ^{0}С, вода), Відпуск 180 ^{0}С
	30ХГСА	Ø20×50		0,123		43 – 51 HRC	Цементація, Гартування (860 – 880 ^{0}С, масло), Відпуск 200 – 250 ^{0}С
Матриця холодновисадочна	Х12Ф1	Ø30×70		0,388		58 – 62 HRC	Гартування (1030 – 1050 ^{0}С, масло), Відпуск 180 – 200 ^{0}С
Корпус наладки для холодної висадки	40Х	Ø60×120		2,663		212 – 248 HV	Гартування (860 ^{0}С, масло), Відпуск 500 ^{0}С, вода
	Сталь 45	Ø60×120		2,663		185 – 210 HV	Гартування (840 ^{0}С, вода), Відпуск 500 ^{0}С
Викрутки та ключі							
Викрутка хрестоподібна ПП35	40Х	Ø4×50	Ø6×120	0,005	0,027	212 – 248 HV	Гартування (860 ^{0}С, масло), Відпуск 500 ^{0}С, вода

Продовження таблиці 1.1

Назва деталі	Марка сплаву	Розміри деталі		Маса деталі, кг		Твердість	Вид термічної обробки
		min	max	min	max		
Ключ торцевий ПП111	40Х	Ø16×105	Ø20.5×115	0,165	0,269	212 – 248 HV	Гартування (860 ^{0}С, масло), Відпуск 500 ^{0}С, вода
Пресовий інструмент							
прес Ø205							
Матриця	3Х2В8Ф	Ø205×25	Ø205×180	6,476	46,638	44 – 48 HRC	Гартування (1130 – 1150 ^{0}С, масло), Відпуск 640 – 660 ^{0}С
	4Х5МФС	Ø205×25	Ø205×180	6,476	46,638	48 – 52 HRC	Гартування (1000 – 1020 ^{0}С, масло), Відпуск 530 – 560 ^{0}С
Розсікач	3Х2В8Ф	Ø205×180		46,638		44 – 48 HRC	Гартування (1130 – 1150 ^{0}С, масло), Відпуск 640 – 660 ^{0}С
	4Х5МФС	Ø205×180		46,638		48 – 52 HRC	Гартування (1000 – 1020 ^{0}С, масло), Відпуск 530 – 560 ^{0}С
Підкладка	3Х2В8Ф	Ø205×40		10,346		44 – 48 HRC	Гартування (1130 – 1150 ^{0}С, масло), Відпуск 640 – 660 ^{0}С
	4Х5МФС	Ø205×40		10,346		48 – 52 HRC	Гартування (1000 – 1020 ^{0}С, масло), Відпуск 530 – 560 ^{0}С
Втулка контейнера	3Х2В8Ф	Ø350×Ø205×700		347,311		44 – 48 HRC	Гартування (1130 – 1150 ^{0}С, масло), Відпуск 640 – 660 ^{0}С

Продовження таблиці 1.1

Назва деталі	Марка сплаву	Розміри деталі		Маса деталі, кг		Твердість	Вид термічної обробки
		min	max	min	max		
прес Ø295							
Матриця	3Х2В8Ф	Ø295×25	Ø295×180	13,414	96,578	44 – 48 HRC	Гартування (1130 – 1150 ^{0}С, масло), Відпуск 640 – 660 ^{0}С
	4Х5МФС	Ø295×25	Ø295×180	13,414	96,578	48 – 52 HRC	Гартування (1000 – 1020 ^{0}С, масло), Відпуск 530 – 560 ^{0}С
Розсікач	3Х2В8Ф	Ø295×180		96,578		44 – 48 HRC	Гартування (1130 – 1150 ^{0}С, масло), Відпуск 640 – 660 ^{0}С
	4Х5МФС	Ø295×180		96,578		48 – 52 HRC	Гартування (1000 – 1020 ^{0}С, масло), Відпуск 530 – 560 ^{0}С
Підкладка	3Х2В8Ф	Ø295×40		21,462		44 – 48 HRC	Гартування (1130 – 1150 ^{0}С, масло), Відпуск 640 – 660 ^{0}С
	4Х5МФС	Ø295×40		21,462		48 – 52 HRC	Гартування (1000 – 1020 ^{0}С, масло), Відпуск 530 – 560 ^{0}С
Втулка контейнера	3Х2В8Ф	Ø500×Ø295×700		703,331		44 – 48 HRC	Гартування (1130 – 1150 ^{0}С, масло), Відпуск 640 – 660 ^{0}С
Деталі штампового інструменту							
Втулка направляюча	9ХС	Ø40×Ø25×60	Ø80×Ø65×160	0,361	2,145	58 – 62 HRC	Гартування (870 ^{0}С, масло), Відпуск 180 – 240 ^{0}С

Продовження таблиці 1.1

Назва деталі	Марка сплаву	Розміри деталі		Маса деталі, кг		Твердість	Вид термічної обробки
		min	max	min	max		
Колонка	9ХС	Ø25×200	Ø65×500	0,771	13,428	58 – 62 HRC	Гартування (870 ^{0}С, масло), Відпуск 180 – 240 ^{0}С
Плита верхня	40Х	100×100×25	500×600×40	1,963	4,710	28 – 32 HRC	Гартування (860 ^{0}С, масло), Відпуск 500 ^{0}С, вода
	Сталь 45	100×100×25	500×600×40	1,963	4,710	28 – 32 HRC	Гартування (840 ^{0}С, вода), Відпуск 500 ^{0}С
Плита нижня	40Х	100×100×25	500×600×40	1,963	4,710	28 – 32 HRC	Гартування (860 ^{0}С, масло), Відпуск 500 ^{0}С, вода
	Сталь 45	100×100×25	500×600×40	1,963	4,710	28 – 32 HRC	Гартування (840 ^{0}С, вода), Відпуск 500 ^{0}С
Матриця	У8А	50×50×25	400×500×40	0,491	3,140	61 – 65 HRC	Гартування (780 – 800 ^{0}С, вода), Відпуск 160 – 200 ^{0}С
	9ХС	50×50×25	400×500×40	0,491	3,140	58 – 62 HRC	Гартування (870 ^{0}С, масло), Відпуск 180 – 240 ^{0}С
	Х12Ф1	50×50×25	400×500×40	0,491	3,140	58 – 62 HRC	Гартування (1030 – 1050 ^{0}С, масло), Відпуск 180 – 200 ^{0}С

Продовження таблиці 1.1

Назва деталі	Марка сплаву	Розміри деталі		Маса деталі, кг		Твердість	Вид термічної обробки
		min	max	min	max		
Знімач	40Х	50×50×15	400×500×15	0,294	1,186	28 – 32 HRC	Гартування (860 ^{0}С, масло), Відпуск 500 ^{0}С, вода
	Сталь 45	50×50×15	400×500×15	0,294	1,186	28 – 32 HRC	Гартування (840 ^{0}С, вода), Відпуск 500 ^{0}С
Пуансонотримач	40Х	50×50×20	400×500×35	0,393	2,756	28 – 32 HRC	Гартування (860 ^{0}С, масло), Відпуск 500 ^{0}С, вода
	Сталь 45	50×50×20	400×500×35	0,393	2,756	28 – 32 HRC	Гартування (840 ^{0}С, вода), Відпуск 500 ^{0}С
Пуансон	У8А	5×5×50	30×40×150	0,010	1,413	61 – 65 HRC	Гартування (780 – 800 ^{0}С, вода), Відпуск 160 – 200 ^{0}С
	9ХС	5×5×50	30×40×150	0,010	1,413	58 – 62 HRC	Гартування (870 ^{0}С, масло), Відпуск 180 – 240 ^{0}С
	Х12Ф1	5×5×50	30×40×150	0,010	1,413	58 – 62 HRC	Гартування (1030 – 1050 ^{0}С, масло), Відпуск 180 – 200 ^{0}С
Пуансон	У8А	Ø5×50	Ø50×200	0,008	3,083	61 – 65 HRC	Гартування (780 – 800 ^{0}С, масло), Відпуск 160 – 200 ^{0}С
	9ХС	Ø5×50	Ø50×200	0,008	3,083	58 – 62 HRC	Гартування (870 ^{0}С, масло), Відпуск 180 – 240 ^{0}С

Продовження таблиці 1.1

Назва деталі	Марка сплаву	Розміри деталі		Маса деталі, кг		Твердість	Вид термічної обробки
		min	max	min	max		
Пуансон	Х12Ф1	Ø5×50	Ø50×200	0,008	3,083	58 – 62 HRC	Гартування (1030 – 1050 ^{0}С, масло), Відпуск 180 – 200 ^{0}С
Плита підкладна	9ХС	50×50×5	400×500×5	0,098	0,689	58 – 62 HRC	Гартування (870 ^{0}С, масло), Відпуск 180 – 240 ^{0}С
	У8А	50×50×5	400×500×5	0,098	0,689	61 – 65 HRC	Гартування (780 – 800 ^{0}С, масло), Відпуск 160 – 200 ^{0}С
Деталі пресформ для лиття під тиском алюмінієвих сплавів							
Плита передня	40Х	700×650×40		142,870		28 – 32 HRC	Гартування (860 ^{0}С, масло), Відпуск 500 ^{0}С, вода
	Сталь 45	700×650×40		142,870		28 – 32 HRC	Гартування (840 ^{0}С, вода), Відпуск 500 ^{0}С
Плита задня	40Х	700×650×40		142,870		28 – 32 HRC	Гартування (860 ^{0}С, масло), Відпуск 500 ^{0}С, вода
	Сталь 45	700×650×40		142,870		28 – 32 HRC	Гартування (840 ^{0}С, вода), Відпуск 500 ^{0}С
Втулка ливникова	3Х2В8Ф	Ø100×Ø50×70	Ø100×Ø50×80	3,237	4,699	44 – 48 HRC	Гартування (1130 – 1150 ^{0}С, масло), Відпуск 640 – 660 ^{0}С

Продовження таблиці 1.1

Назва деталі	Марка сплаву	Розміри деталі		Маса деталі, кг		Твердість	Вид термічної обробки
		min	max	min	max		
Вставка в нерухому плиту	3Х2В8Ф	100×200×25	400×500×25	3,926	19,630	1000-1600 HV	Гартування (1150 ^{0}С, масло), Відпуск 620 ^{0}С, Азотування (0,1 мм; 530^{0}С)
Обойма	40Х	400×400×25		19,630		28 – 32 HRC	Гартування (860 ^{0}С, масло), Відпуск 500 ^{0}С, вода
	Сталь 45	400×400×25		19,630		28 – 32 HRC	Гартування (840 ^{0}С, вода), Відпуск 500 ^{0}С
Брус	40Х	500×50×100		19,625		28 – 32 HRC	Гартування (860 ^{0}С, масло), Відпуск 500 ^{0}С, вода
	Сталь 45	500×50×100		19,625		28 – 32 HRC	Гартування (840 ^{0}С, вода), Відпуск 500 ^{0}С
Плита формуюча	40Х	450×400×30	450×400×60	42,390	84,780	28 – 32 HRC	Гартування (860 ^{0}С, масло), Відпуск 500 ^{0}С, вода
	Сталь 45	450×400×30	450×400×60	42,390	84,780	28 – 32 HRC	Гартування (840 ^{0}С, вода), Відпуск 500 ^{0}С
Вставка в плиту формуючу	3Х2В8Ф	350×300×30	350×300×60	31,790	63,580	44 – 48 HRC	Гартування (1130 – 1150 ^{0}С, масло), Відпуск 640 – 660 ^{0}С
Розсікач	3Х2В8Ф	Ø80×Ø20×60	Ø80×Ø20×100	2,219	3,699	44 – 48 HRC	Гартування (1130 – 1150 ^{0}С, масло), Відпуск 640 – 660 ^{0}С

Продовження таблиці 1.1

Назва деталі	Марка сплаву	Розміри деталі		Маса деталі, кг		Твердість	Вид термічної обробки
		min	max	min	max		
Штовхач центральний	3Х2В8Ф	Ø20×100	Ø20×180	0,245	1,220	44 – 48 HRC	Гартування (1130 – 1150 ^{0}С, масло), Відпуск 640 – 660 ^{0}С
Штовхач зворотного ходу	9ХС	Ø16×100	Ø16×150	0,156	0,237	58 – 62 HRC	Гартування (870 ^{0}С, масло), Відпуск 180 – 240 ^{0}С
	У8А	Ø16×100	Ø16×150	0,156	0,237	61 – 65 HRC	Гартування (780 – 800 ^{0}С, крізь воду у масло), Відпуск 160 – 200 ^{0}С
Виштовхувач	3Х2В8Ф	Ø3×150	Ø8×250	0,008	0,099	44 – 48 HRC	Гартування (1130 – 1150 ^{0}С, масло), Відпуск 640 – 660 ^{0}С
Контрштовхач	9ХС	Ø16×30	Ø16×60	0,047	0,095	58 – 62 HRC	Гартування (870 ^{0}С, масло), Відпуск 180 – 240 ^{0}С
Плита штовхачів	40Х	150×200×30	250×350×30	7,065	20,610	28 – 32 HRC	Гартування (860 ^{0}С, масло), Відпуск 500 ^{0}С, вода
	Сталь 45	150×200×30	250×350×30	7,065	20,610	28 – 32 HRC	Гартування (840 ^{0}С, вода), Відпуск 500 ^{0}С
Плита штовхачів підкладна	40Х	150×200×10	250×350×10	2,355	6,870	28 – 32 HRC	Гартування (860 ^{0}С, масло), Відпуск 500 ^{0}С, вода
	Сталь 45	150×200×10	250×350×10	2,355	6,870	28 – 32 HRC	Гартування (840 ^{0}С, вода), Відпуск 500 ^{0}С

Продовження таблиці 1.1

Назва деталі	Марка сплаву	Розміри деталі		Маса деталі, кг		Твердість	Вид термічної обробки
		min	max	min	max		
Втулка	9ХС	Ø60×Ø40×60		0,740		58 – 62 HRC	Гартування (870 ^{0}С, масло), Відпуск 180 – 240 ^{0}С
Деталі пресформ для лиття під тиском пластмас							
Плита передня	40Х	500×500×30		58,875		28 – 32 HRC	Гартування (860 ^{0}С, масло), Відпуск 500 ^{0}С, вода
	Сталь 45	500×500×30		58,875		28 – 32 HRC	Гартування (840 ^{0}С, вода), Відпуск 500 ^{0}С
Плита задня	40Х	500×500×30		58,875		28 – 32 HRC	Гартування (860 ^{0}С, масло), Відпуск 500 ^{0}С, вода
	Сталь 45	500×500×30		58,875		28 – 32 HRC	Гартування (840 ^{0}С, вода), Відпуск 500 ^{0}С
Втулка ливникова	У8А	Ø20×Ø8×50	Ø20×Ø8×80	0,104	0,166	61 – 65 HRC	Гартування (780 – 800 ^{0}С, крізь воду в масло), Відпуск 160 – 200 ^{0}С
	9ХС	Ø20×Ø8×50	Ø20×Ø8×80	0,104	0,166	58 – 62 HRC	Гартування (870 ^{0}С, масло), Відпуск 180 – 240 ^{0}С
Вставка в нерухому плиту	9ХС	100×200×25	400×500×25	3,940	39,100	58 – 62 HRC	Гартування (870 ^{0}С, масло), Відпуск 180 – 240 ^{0}С

Продовження таблиці 1.1

Назва деталі	Марка сплаву	Розміри деталі		Маса деталі, кг		Твердість	Вид термічної обробки
		min	max	min	max		
Вставка в нерухому плиту	ХВГ	100×200×25	400×500×25	3,940	39,100	61 – 65 HRC	Гартування (830 – 850 ^{0}C, масло), Відпуск 150 – 200 ^{0}C
Обойма	40Х	400×400×25		31,400		28 – 32 HRC	Гартування (860 ^{0}C, масло), Відпуск 500 ^{0}C, вода
	Сталь 45	400×400×25		31,400		28 – 32 HRC	Гартування (840 ^{0}C, вода), Відпуск 500 ^{0}C
Брус	40Х	500×50×100		4,906		28 – 32 HRC	Гартування (860 ^{0}C, масло), Відпуск 500 ^{0}C, вода
	Сталь 45	500×50×100		4,906		28 – 32 HRC	Гартування (840 ^{0}C, вода), Відпуск 500 ^{0}C
Плита формуюча	9ХС	450×400×30	450×400×60	42,390	84,780	58 – 62 HRC	Гартування (870 ^{0}C, масло), Відпуск 180 – 240 ^{0}C
	ХВГ	450×400×30	450×400×60	42,390	84,780	61 – 65 HRC	Гартування (830 – 850 ^{0}C, масло), Відпуск 150 – 200 ^{0}C
Вставка в плиту формуючу	9ХС	350×300×30	350×300×60	24,726	49,355	58 – 62 HRC	Гартування (870 ^{0}C, масло), Відпуск 180 – 240 ^{0}C
	ХВГ	350×300×30	350×300×60	24,726	49,355	61 – 65 HRC	Гартування (830 – 850 ^{0}C, масло), Відпуск 150 – 200 ^{0}C

Продовження таблиці 1.1.

Назва деталі	Марка сплаву	Розміри деталі		Маса деталі, кг		Твердість	Вид термічної обробки
		min	max	min	max		
Зачеп	9ХС	Ø20×Ø8×25		0,052		58 – 62 HRC	Гартування (870 ^{0}С, масло), Відпуск 180 – 240 ^{0}С
	У8А	Ø20×Ø8×25		0,052		61 – 65 HRC	Гартування (780 – 800 ^{0}С, крізь воду в масло), Відпуск 160 – 200 ^{0}С
Штовхач центральний	9ХС	Ø2×60	Ø8×150	0,001	0,059	58 – 62 HRC	Гартування (870 ^{0}С, масло), Відпуск 180 – 240 ^{0}С
	ХВГ	Ø2×60	Ø8×150	0,001	0,059	61 – 65 HRC	Гартування (830 – 850 ^{0}С, масло), Відпуск 150 – 200 ^{0}С
Штовхач зворотного ходу	9ХС	Ø1×60	Ø6×150	0,0004	0,033	58 – 62 HRC	Гартування (870 ^{0}С, масло), Відпуск 180 – 240 ^{0}С
	У8А	Ø1×60	Ø6×150	0,0004	0,033	61 – 65 HRC	Гартування (780 – 800 ^{0}С, крізь воду в масло), Відпуск 160 – 200 ^{0}С
Виштовхувач	9ХС	Ø2×60	Ø8×150	0,001	0,059	58 – 62 HRC	Гартування (870 ^{0}С, масло), Відпуск 180 – 240 ^{0}С
	ХВГ	Ø2×60	Ø8×150	0,001	0,059	61 – 65 HRC	Гартування (830 – 850 ^{0}С, масло), Відпуск 150 – 200 ^{0}С

Продовження таблиці 1.1

Назва деталі	Марка сплаву	Розміри деталі		Маса деталі, кг		Твердість	Вид термічної обробки
		min	max	min	max		
Контрштовхач	9ХС	Ø1×60	Ø6×150	0,0004	0,033	58 – 62 HRC	Гартування (870 ^{0}С, масло), Відпуск 180 – 240 ^{0}С
Плита штовхачів	40Х	150×200×30	250×350×30	7,065	20,606	28 – 32 HRC	Гартування (860 ^{0}С, масло), Відпуск 500 ^{0}С, вода
	Сталь 45	150×200×30	250×350×30	7,065	20,606	28 – 32 HRC	Гартування (840 ^{0}С, вода), Відпуск 500 ^{0}С
Плита штовхачів підкладна	40Х	150×200×10	250×350×10	2,355	6,869	28 – 32 HRC	Гартування (860 ^{0}С, масло), Відпуск 500 ^{0}С, вода
	Сталь 45	150×200×10	250×350×10	2,355	6,869	28 – 32 HRC	Гартування (840 ^{0}С, вода), Відпуск 500 ^{0}С
Втулка	9ХС	Ø60×Ø40×60		0,740		58 – 62 HRC	Гартування (870 ^{0}С, масло), Відпуск 180 – 240 ^{0}С
Хвостовик на прес форму	40Х	Ø20×150		0,367		28 – 32 HRC	Гартування (860 ^{0}С, масло), Відпуск 500 ^{0}С, вода
	Сталь 45	Ø20×150		0,367		28 – 32 HRC	Гартування (840 ^{0}С, вода), Відпуск 500 ^{0}С
Хвостовик на штамп	40Х	Ø40×150		0,493		28 – 32 HRC	Гартування (860 ^{0}С, масло), Відпуск 500 ^{0}С, вода

Продовження таблиці 1.1

Назва деталі	Марка сплаву	Розміри деталі		Маса деталі, кг		Твердість	Вид термічної обробки
		min	max	min	max		
Хвостовик на штамп	Сталь 45	Ø40×150		Приспособи 0,493		28 – 32 HRC	Гартування (840 ^{0}C, вода), Відпуск 500 ^{0}C
Корпус кондуктора	40Х	100×250×20	100×700×80	3,925	43,96	28 – 32 HRC	Гартування (860 ^{0}C, масло), Відпуск 500 ^{0}C, вода
	Сталь 45	100×250×20	100×700×80	3,925	43,96	28 – 32 HRC	Гартування (840 ^{0}C, вода), Відпуск 500 ^{0}C
Втулка кондукторна	9ХС	Ø2×10	Ø10×30	0,0003	0,019	58 – 62 HRC	Гартування (870 ^{0}C, масло), Відпуск 180 – 240 ^{0}C
	У8А	Ø2×10	Ø10×30	0,0003	0,019	61 – 65 HRC	Гартування (780 – 800 ^{0}C, крізь воду в масло), Відпуск 160 – 200 ^{0}C
Плита	40Х	50×25×25	200×300×70	0,245	32,970	28 – 32 HRC	Гартування (860 ^{0}C, масло), Відпуск 500 ^{0}C, вода
	Сталь 45	50×25×25	200×300×70	0,245	32,970	28 – 32 HRC	Гартування (840 ^{0}C, вода), Відпуск 500 ^{0}C
Хвостовик	40Х	Ø10×50	Ø35×150	0,031	1,133	28 – 32 HRC	Гартування (860 ^{0}C, масло), Відпуск 500 ^{0}C, вода

Продовження таблиці 1.1

Назва деталі	Марка сплаву	Розміри деталі		Маса деталі, кг		Твердість	Вид термічної обробки
		min	max	min	max		
Хвостовик	Сталь 45	Ø10×50	Ø35×150	0,031	1,133	28 – 32 HRC	Гартування (840 ^{0}C, вода), Відпуск 500 ^{0}C
Штифт	40Х	Ø6×10	Ø16×100	0,002	0,158	28 – 32 HRC	Гартування (860 ^{0}C, масло), Відпуск 500 ^{0}C, вода
	Сталь 45	Ø6×10	Ø16×100	0,002	0,158	28 – 32 HRC	Гартування (840 ^{0}C, вода), Відпуск 500 ^{0}C
	У8А	Ø6×10	Ø16×100	0,002	0,158	61 – 65 HRC	Гартування (780 – 800 ^{0}C, крізь воду в масло), Відпуск 160 – 200 ^{0}C
Гвинт прижимний (М4 – М12)	40Х	Ø40×50	Ø40×150	0,493	1,479	28 – 32 HRC	Гартування (860 ^{0}C, масло), Відпуск 500 ^{0}C, вода
	Сталь 45	Ø40×50	Ø40×150	0,493	1,479	28 – 32 HRC	Гартування (840 ^{0}C, вода), Відпуск 500 ^{0}C
Підп’ятник	40Х	Ø12×Ø6×10	Ø12×Ø3×10	0,007	0,008	28 – 32 HRC	Гартування (860 ^{0}C, масло), Відпуск 500 ^{0}C, вода
	Сталь 45	Ø12×Ø6×10	Ø12×Ø3×10	0,007	0,008	28 – 32 HRC	Гартування (840 ^{0}C, вода), Відпуск 500 ^{0}C
Упор	У8А	Ø15×5		0,007		61 – 65 HRC	Гартування (780 – 800 ^{0}C, масло), Відпуск 160 – 200 ^{0}C

Продовження таблиці 1.1

Назва деталі	Марка сплаву	Розміри деталі		Маса деталі, кг		Твердість	Вид термічної обробки
		min	max	min	max		
Упор	У8А	10×15×5		0,006		61 – 65 HRC	Гартування (780 – 800 ^{0}С, масло), Відпуск 160 – 200 ^{0}С
Шестерня	20Х	Ø20×10	Ø200×80	0,023	19,729	56 – 61 HRC	Цементація, Гартування (800 ^{0}С, масло), Відпуск 160 ^{0}С
	25Х	Ø20×10	Ø200×80	0,023	19,729	56 – 61 HRC	Цементація, Гартування (800 ^{0}С, масло), Відпуск 160 ^{0}С
	40Х	Ø20×10	Ø200×80	0,023	19,729	28 – 32 HRC	Гартування (860 ^{0}С, масло), Відпуск 500 ^{0}С, вода
	18ХГТ	Ø20×10	Ø200×80	0,023	19,729	56 – 61 HRC	Цементація, Гартування (820 – 860 ^{0}С), Відпуск 180 – 200 ^{0}С
	12ХН3А	Ø20×10	Ø200×80	0,023	19,729	56 – 61 HRC	Цементація, Гартування (850 ^{0}С, масло), Відпуск 200 ^{0}С
Вал шестерня	20Х	Ø20×100	Ø200×300	0,247	73,985	56 – 61 HRC	Цементація, Гартування (800 ^{0}С, масло), Відпуск 160 ^{0}С

Продовження таблиці 1.1

Назва деталі	Марка сплаву	Розміри деталі		Маса деталі, кг		Твердість	Вид термічної обробки
		min	max	min	max		
Вал шестерня	25Х	Ø20×100	Ø200×300	0,247	73,985	56 – 61 HRC	Цементація, Гартування (800 ^{0}С, масло), Відпуск 160 ^{0}С
	40Х	Ø20×100	Ø200×300	0,247	73,985	28 – 32 HRC	Гартування (860 ^{0}С, масло), Відпуск 500 ^{0}С, вода
	18ХГТ	Ø20×100	Ø200×300	0,247	73,985	56 – 61 HRC	Цементація, Гартування (820 – 860 ^{0}С), Відпуск 180 – 200 ^{0}С
	12ХН3А	Ø20×100	Ø200×300	0,247	73,985	56 – 61 HRC	Цементація, Гартування (850 ^{0}С, масло), Відпуск 200 ^{0}С

Таблиця 1.2 – Хімічні склади сталей [2]

Марка сталі	Вміст елементів, %										
	C	S	P	Cr	V	Si	W	Mo	Ni	Mn	Ti
Р6М5	0,85 – 0,95	< 0,030	< 0,030	3,0 – 3,5	2,0 – 2,5	–	5,5 – 6,5	–	–	–	–
У8А	0,76 – 0,83	< 0,018	< 0,025	–	–	–	–	–	–	–	–
9ХС	0,85 – 0,95	< 0,030	< 0,030	0,95 – 1,25	–	1,20 – 1,60	–	–	–	–	–
Х12Ф1	1,25 – 1,45	< 0,030	< 0,030	11,0 – 12,50	0,70 – 0,90	–	–	–	–	–	–
Х6ВФ	1,05 – 1,15	< 0,030	< 0,030	5,50 – 6,50	0,50 – 0,80	–	1,10 – 1,50	–	–	–	–
ХВГ	0,90 – 1,05	< 0,030	< 0,030	0,90 – 1,20	–	–	1,20 – 1,60	–	–	0,80 – 1,10	–
Х12	2,00 – 2,20	< 0,030	< 0,030	11,50 – 13,00	–	–	–	–	–	–	–
12ХН3А	0,09 – 0,16	< 0,025	< 0,025	0,60 – 0,90	–	–	–	–	2,75 – 3,15	–	–
30ХГСА	0,28 – 0,34	< 0,025	< 0,025	0,80 – 1,10	–	0,90 – 1,20	–	–	–	0,80 – 1,10	–
40Х	0,36 – 0,44	< 0,035	< 0,035	0,8 – 1,1	–	–	–	–	–	–	–
Сталь 45	0,42 – 0,50	< 0,040	< 0,035	–	–	–	–	–	–	–	–
3Х2В8Ф	0,30 – 0,40	< 0,030	< 0,030	2,20 – 2,70	0,20 – 0,50	–	7,50 – 8,50	–	–	–	–
4Х5МФС	0,32 – 0,40	< 0,030	< 0,030	4,50 – 5,50	0,30 – 0,50	0,90 – 1,20	–	1,20 – 1,50	–	–	–
20Х	0,17 – 0,23	< 0,035	< 0,035	0,7 – 1,0	–	–	–	–	–	–	–
25Х	0,22 – 0,30	< 0,040	< 0,035	0,7 – 1,0	–	–	–	–	–	–	–
18ХГТ	0,17 – 0,23	< 0,035	< 0,035	1,00 – 1,30	–	–	–	–	–	0,80 – 1,10	0,03 – 0,09

Таблиця 1.3 – Механічні властивості сталей після термічної обробки [2]

Марка сталі	Вид термічної обробки	Твердість поверхні	Ударна в'язкість (KCU), (Дж/см^2)
Р6М5	Гартування (1220 ^{0}С, масло), відпуск 550 ^{0}С	61 – 65 HRC	
У8А	Гартування (780 – 800 ^{0}С, крізь воду в масло), відпуск 160 – 200 ^{0}	61 – 65 HRC	
9ХС	Гартування (870 ^{0}С, масло), відпуск 180 – 240 ^{0}С	59 – 63 HRC	78
Х12Ф1	Гартування (1030 – 1050 ^{0}С, масло), відпуск 400 – 420 ^{0}С	56 – 60 HRC	38 – 47
Х6ВФ	Гартування (980 – 1000 ^{0}С, масло), відпуск 150 – 170 ^{0}С	61 – 65 HRC	69 – 83
ХВГ	Гартування (830 – 850 ^{0}С, масло), відпуск 150 – 200 ^{0}С	61 – 65 HRC	30 – 40
Х12	Гартування (950 – 980 ^{0}С, масло), відпуск 180 – 200 ^{0}С	60 – 64 HRC	10
12ХН3А	Цементація, гартування (860 ^{0}С, вода), відпуск 180 ^{0}С	56 – 61 HRC	157 – 192
30ХГСА	Цементація, гартування (860 – 880 ^{0}С, масло), відпуск 200 – 250 ^{0}С	56 – 61 HRC	
40Х	Гартування (860 ^{0}С, масло), відпуск 500 ^{0}С, вода	212 – 248 HV	54 – 59
Сталь 45	Гартування (840 ^{0}С, вода), відпуск 500 ^{0}С	185 – 210 HV	54 – 59
3Х2В8Ф	Гартування (1130 – 1150 ^{0}С, масло), відпуск 640 – 660 ^{0}С	44 – 48 HRC	20
4Х5МФС	Гартування (1000 – 1020 ^{0}С, масло), відпуск 530 – 560 ^{0}С	48 – 52 HRC	56
20Х	Цементація, гартування (800 ^{0}С, масло), відпуск 160 ^{0}С	56 – 61 HRC	54 – 118
25Х	Цементація, гартування (800 ^{0}С, масло), відпуск 160 ^{0}С	56 – 61 HRC	80 – 125
18ХГТ	Цементація, гартування (820 – 860 ^{0}С), відпуск 180 – 200 ^{0}С	56 – 61 HRC	78

Інструмент зі швидкорізальної сталі призначений для машинної обробки сплавів, які легко піддаються обробці різанням. Прикладами швидкорізальних сталей є Р6М5, Р6М5К5 та інші, з них виготовляють свердла, фрези, різці тощо.

1.1.2 Група різального інструменту з вуглецевих сталей

Для виготовлення інструменту, який не нагрівається у процесі експлуатації, не призначений для роботи з гарячим матеріалом доцільно застосовувати вуглецеві інструментальні сталі. До їх переваг можна віднести порівняно низьку вартість та високу твердість (до 65 HRC), проте вуглецеві сталі значно поступаються легованим та швидкорізальним зносостійкістю та теплостійкістю [2].

Прикладом вуглецевих інструментальних сталей є У7 (У7А), У8 (У8А), У9 (У9А) тощо. Для виготовлення ручного інструменту, різців, мітчиків, зубил тощо оптимальним є застосування вуглецевих сталей.

1.1.3 Група різального інструменту з легованих сталей

Для виготовлення різального інструменту найширше застосування знайшли леговані сталі. Різні комбінації легуючих елементів дозволяють отримувати найоптимальніші комбінації вартості, механічних та технологічних властивостей. Тому леговані інструментальні сталі підходять для більшості видів різального інструменту (свердл, фрез, мітчиків, плашок, протяжок, розверток, різців тощо).

До переваг різального інструменту з легованих сталей можна віднести високу твердість (до 65 HRC) [2], зносостійкість, задовільну теплостійкість (до 350 ^{0}C) [4], дещо нижчу вартість, ніж у інструменту зі швидкорізальних сталей.

1.1.4 Група інструменту для холодної висадки

Холодна висадка – технологічний процес, в результаті якого збільшується поперечний переріз в певних частинах заготовки внаслідок пластичної деформації в матрицях без попереднього підігріву матеріалу [5]. Таким способом виготовляються заготовки гвинтів, заклепок та інших дрібних виробів.

Холодновисадочний автомат має матрицю, в яку подається матеріал (пруток), та відрізається. Потім ударом пуансона формується голівка гвинта/заклепки, після чого заготовка проштовхується виштовхувачем і процес повторюється знову.

Матриця, пуансон та виштовхувач працюють в умовах високих ударних навантажень, тому мають мати високу твердість та зносостійкість і одночасно задовільну ударну в’язкість.

1.1.5 Група викруток та ключів

Викрутки та ключі – інструменти, призначені для відкручування та закручування гвинтів, шурупів, болтів та інших деталей з різьбою, які мають квадратну або шестигранну головку (ключі) або на головці наявний шліц (викрутки).

Робоча частина викруток та ключів піддається зношування під дією механічних навантажень, тому їх виготовляють з міцних зносостійких сталей, наприклад, 40Х.

1.1.6 Група пресового інструменту

Прес – це машина неударної дії для обробки матеріалів тиском [6].

Інструментальні наладки пресів працюють у безпосередньому контакті з гарячим матеріалом заготовки, тому в процесі експлуатації піддаються не тільки механічним навантаженням, а й термічному впливу з боку заготовки. Тому матеріал пресового інструменту повинен мати задовільну в’язкість, високу міцність, зносо- та теплостійкість. За відповідної термічної оброки такі властивості можуть мати сталі 3Х2В8Ф, 4Х5МФС тощо.

1.1.7 Група деталей штампів

Штампи слугують для обробки матеріалів тиском. Холодне штампування здійснюється без попереднього нагрівання матеріалу, під час якого утворюється точна форма виробів без зняття стружки [7].

В процесі експлуатації деталі штампів піддаються механічним та ударним навантаженням, тому матеріали, з яких їх виготовляють повинні мати велику міцність, зносостійкість, ударну в’язкість та опір пластичній деформації. Такі властивості можуть забезпечити сталі У8А, 9ХС, Х12Ф1 та ін.

Допоміжні інструменти, такі як знімачі, пуансонотримачі, верхні та нижні плити мають м’якші умови роботи та піддаються впливу незначних

механічних навантажень, тому можуть бути виготовлені з вуглецевих або низьколекгованих сталей, наприклад сталь 45 або 40Х.

1.1.8 Група деталей пресформ для лиття під тиском алюмінієвих сплавів

Лиття сплавів під тиском – машинне лиття сплавів у пресформу під тиском [8].

Деталі пресформ, які безпосередньо контактують з розплавленим матеріалом (втулка ливникова, вставка в нерухому плиту, вставка в плиту формуючу, виштовхувач тощо) піддаються механічним навантаженням та впливу температури розплаву. Тому матеріал, з якого їх виготовляють повинен володіти високою міцністю, зносо- та теплостійкістю.

Деталі пресформ, які не контактують з розплавом матеріалу майбутньої заготовки (передня та задня плити, обойма, брус, плита формуюча тощо) не нагріваються в процесі експлуатації та мають помірні механічні навантаження, тому їх доцільно виготовляти з вуглецевих та низьколегованих сталей, таких як Сталь 45 та 40Х.

1.1.9 Група деталей пресформ для лиття під тиском пластмас

Температура розплаву для лиття під тиском пластмас значно нижча, за температуру розплаву для лиття під тиском сплавів, тому при виборі матеріалів для виготовлення деталей, які контактують з заготовкою та її розплавом (втулка ливникова, вставка в нерухому плиту, вставка в плиту формуючу, зачеп, штовхачі тощо) підвищена теплостійкість не є

обов’язковим параметром. Проте деталі так само піддаються впливу високих механічних навантажень, тому повинні мати достатню міцність, твердість та зносостійкість і оптимальним варіантом є леговані та вуглецеві сталі: 9ХС, ХВГ, У8А та ін.

Деталі пресформ для лиття пластмас, які мають помірні навантаження доцільно виготовляти з вуглецевих та низьколегованих сталей (Сталь 45 та 40Х).

1.1.10 Група приспособ

Приспособи – пристрої та знаряддя, які допомагають виконувати технологічні операції на верстатах. Приспособами також може бути самостійно виготовлене устаткування, яке поліпшує знаряддя праці.

Кожна приспособа має своє призначення та умови експлуатації. Найчастіше це допоміжні деталі машин та механізмів, такі як корпуси, плити, хвостовики, штифти, прижимні гвити та інші. Як правило такі деталі не піддаються сильному зносу та механічним навантаженням, тому можуть бути виготовлені з недорогих вуглецевих та низьколегованих сталей (Сталь 45, 40Х).

1.2 Контроль якості термічної обробки

Контроль якості термічної обробки складається з двох частин:

- контроль технологічного процесу термічної обробки гартування та відпуску (температурний режим та стан середовища в робочому просторі печі);

- контроль твердості виробу після термічної обробки (поверхневі дефекти та тріщини, короблення та зміна геометричних розмірів, твердість готових виробів після термічної обробки).

Контроль температурного режиму печі здійснюється за допомогою приладів регулювання, вимірювання та записування температури та/або механізмами автоматичного регулювання. Стан середовища в робочому просторі печі перевіряється приладами для вимірювання тиску та газоаналізаторами прямого/опосередкованого контролю.

Після термічної обробки виконується зовнішній огляд деталей на наявність тріщин та інших поверхневих дефектів. Плитами, індикаторами, калібрами та іншими спеціальними приладами виконується контроль геометричних розмірів та наявність короблення деталі. Твердість деталей після гартування та відпуску вимірюється твердомірами Роквела або Бринеля.

1.3 Розрахунок річної програми термічної дільниці

Для визначення необхідної кількості основного обладнання, площ дільниці, додаткового устаткування та інших параметрів дільниці основною вихідною величиною є річна виробнича програма [9].

Вихідні дані для розрахунку річної програми задаються технічним завданням. Технічне завдання для проектування дільниці термічної обробки містить узагальнену інформацію про продукцію та річні обсяги виробництва. Над кожною деталлю проводять операцію термічної обробки, кожен етап якої виконується за допомогою відповідного обладнання. Вибір та розрахунок кількості обладнання залежить від обсягів річної програми за окремими операціями термічної обробки.

В загальному випадку уточнена річна програма для кожної деталі розраховується за формулою [9]:

$$П_i' = N \cdot n_i \cdot (1 + \frac{\delta_i^T + \delta_i^n + K_i^p}{100}) \qquad (1.1)$$

де $П_i'$ – маса деталей, т;

N – кількість приладів;

n_i – кількість деталей і-го найменування на один прилад, т;

δ_i^T – відсоток бракованих деталей і-го найменування при термічній обробці (0…3%);

δ_i^n – відсоток бракованих деталей після термічної обробки;

K_i^p – відсоток деталей і-го найменування, що підлягають руйнівним методам контролю (0…2%).

Величина $1 + \frac{\delta_i^T + \delta_i^n + K_i^p}{100}$ є коефіцієнтом збільшення програми та наразі складає $K_i^n = 1{,}02$ [9].

Результати розрахунків наведено в таблиці 1.4.

Вибір та розрахунок необхідної кількості обладнання здійснюється спираючись на річну завантаженість певного типу обладнання та ефективний фонд робочого часу.

Ефективний річний фонд робочого часу вказує на те, скільки фактично часу працює обладнання на рік і залежить від кількості змін, їх тривалості, витрат часу на ремонт та переналагоджування деталей.

Номінальний річний фонд робочого часу обладнання визначається за формулою [9]:

$$Ф_н = (365 - В - С) \cdot З \cdot \tau \qquad (1.2)$$

де В – річна кількість вихідних днів;

Таблиця 1.4 – Річна програма термічної обробки та її розподіл за основними операціями

Деталь	Марка сталі	Маса деталі, кг	K_i^n, %	Річна програма		Обробка СВЧ	Розподіл річної програми за операціями термічної обробки, т					
				Пі, шт	Пі, т		Цементація	Гартування	Відпуск			Азотування
									Низький	Середній	Високий	
Свердло	Р6М5	0,855	1,02	300	0,256	-	-	0,085	-	-	0,085	-
	9ХС					-	-	0,171	0,171	-	-	-
	Х12Ф1					-	-			-	-	-
Фреза дискова	Р6М5	0,293	1,02	350	0,103	-	-	0,034	-	-	0,034	-
	9ХС					-	-	0,069	0,069	-	-	-
	Х12Ф1					-	-			-	-	-
Фреза кінцева	Р6М5	0,767	1,02	150	0,115	-	-	0,115	-	-	0,115	-
Фреза циліндрична	9ХС	32,285	1,02	100	3,229	-	-	3,229	3,229	-	-	-
Різець	Р6М5	1,765	1,02	350	0,617	-	-	0,205	-	-	0,205	-
	У8А					-	-	0,412	0,412	-	-	-
	9ХС					-	-			-	-	-
Мітчик ручний	9ХС	0,273	1,02	70	0,019	-	-	0,019	0,019	-	-	-
Мітчик машинний	Х6ВФ	0,273	1,02	125	0,034	-	-	0,034	0,034	-	-	-

Продовження таблиці 1.4.

Деталь	Марка сталі	Маса деталі, кг	K_i^n, %	Річна програма		Обробка СВЧ	Розподіл річної програми за операціями термічної обробки, т					
				Пі, шт	Пі, т		Цементація	Гартування	Відпуск			Азотування
									Низький	Середній	Високий	
Плоскі плашки	Х12Ф1	2,826	1,02	150	0,424	-	-	0,212	-	0,212	-	-
	ХВГ					-	-	0,212	0,212	-	-	-
Розвертка	ХВГ	0,165	1,02	120	0,020	-	-	0,020	0,020	-	-	-
Протяжка	ХВГ	0,746	1,02	125	0,093	-	-	0,093	0,093	-	-	-
Виштовхувач	Х12	0,025	1,02	50	0,001	-	-	0,001	0,001	-	-	-
	3Х2В8Ф	0,054	1,02	150	0,008	-	-	0,008	-	-	0,008	-
	9ХС	0,030	1,02	100	0,003	-	-	0,003	0,003	-	-	-
	ХВГ					-	-			-	-	-
Пуансон	Х12	0,025	1,02	100	0,003	-	-	0,003	0,003	-	-	-
	У8А	0,712	1,02	200	0,142	-	-	0,142	0,142	-	-	-
	Х12Ф1					-	-			-	-	-
	9ХС					-	-			-	-	-
Пуансон для висадки головки гвинта	Х12	0,123	1,02	185	0,023	-	-	0,023	0,023	-	-	-

Продовження таблиці 1.4.

Деталь	Марка сталі	Маса деталі, кг	K_i^n, %	Річна програма		Обробка СВЧ	Розподіл річної програми за операціями термічної обробки, т					
				Пі, шт	Пі, т		Цементація	Гартування	Відпуск			Азотування
									Низький	Середній	Високий	
Пуансон для висадки хрестоподібних лунок	12ХН3А	0,123	1,02	350	0,043	-	0,021	0,043	0,043	-	-	-
	30ХГСА					-	0,022			-	-	-
Матриця холодновисадочна	Х12Ф1	0,388	1,02	120	0,047	-	-	0,047	0,047	-	-	-
Корпус наладки для холодної висадки	40Х	2,663	1,02	120	0,320	-	-	0,320	-	-	0,320	-
	Сталь 45					-	-		-	-		-
Викрутка хрестоподібна ПП35	40Х	0,016	1,02	2000	0,032	-	-	0,032	-	-	0,032	-
Ключ торцевий ПП111	40Х	0,230	1,02	2000	0,460	-	-	0,460	-	-	0,460	-

Продовження таблиці 1.4.

Деталь	Марка сталі	Маса деталі, кг	K_i^n, %	Річна програма		Обробка СВЧ	Розподіл річної програми за операціями термічної обробки, т					
				Пі, шт	Пі, т		Цементація	Гартування	Відпуск			Азотування
									Низький	Середній	Високий	
Матриця	3Х2В8Ф	26,557	1,02	300	7,967	-	-	7,967	-	-	7,967	-
	4Х5МФС					-	-		-	-		-
	У8А	1,816	1,02	300	0,545	-	-	0,545	-	-	0,545	-
	9ХС					-	-		-	-		-
	Х12Ф1					-	-		-	-		-
Розсікач	3Х2В8Ф	3,699	1,02	500	1,850	-	-	1,850	-	-	1,850	-
	4Х5МФС	46,638	1,02	300	13,991	-	-	13,991	-	-	13,991	-
Підкладка	3Х2В8Ф	10,346	1,02	500	5,173	-	-	5,173	-	-	5,173	-
	4Х5МФС					-	-		-	-		-
Втулка	9ХС	0,740	1,02	200	0,148	-	-	0,148	0,148	-	-	-
Втулка контейнера	3Х2В8Ф	347,311	1,02	10	3,473	-	-	3,473	-	-	3,473	-
Втулка направляюча	9ХС	1,253	1,02	250	0,063	-	-	0,063	0,063	-	-	-

Продовження таблиці 1.4.

Деталь	Марка сталі	Маса деталі, кг	K_i^n, %	Річна програма		Обробка СВЧ	Розподіл річної програми за операціями термічної обробки, т					
				Пі, шт	Пі, т		Цементація	Гартування	Відпуск			Азотування
									Низький	Середній	Високий	
Втулка ливникова	3Х2В8Ф	3,237	1,02	25	0,081	-	-	0,081	-	-	0,081	-
	9ХС	0,104	1,02	50	0,005	-	-	0,005	0,005	-	-	-
	У8А					-	-			-	-	-
Втулка кондукторна	9ХС	0,010	1,02	120	0,001	-	-	0,001	0,001	-	-	-
	У8А					-	-			-	-	-
Колонка	9ХС	7,100	1,02	250	1,775	-	-	1,775	1,775	-	-	-
Плита	40Х	33,215	1,02	10	0,332	-	-	0,332	-	-	0,332	-
	Сталь 45					-	-		-	-		-
Плити штампів	40Х	3,337	1,02	50	0,167	-	-	0,167	-	-	0,167	-
	Сталь 45					-	-		-	-		-
Плита підкладна	9ХС	0,394	1,02	50	0,020	-	-	0,020	0,020	-	-	-
	У8А					-	-			-	-	-
Плити пресформ	40Х	142,870	1,02	25	3,572	-	-	3,572	-	-	3,572	-
	Сталь 45					-	-		-	-		-

Продовження таблиці 1.4.

Деталь	Марка сталі	Маса деталі, кг	K_i^n, %	Річна програма		Обробка СВЧ	Розподіл річної програми за операціями термічної обробки, т					
				Пі, шт	Пі, т		Цементація	Гартування	Відпуск			Азотування
									Низький	Середній	Високий	
Плита формуюча	40Х	42,390	1,02	25	1,060	-	-	1,060	-	-	1,060	-
	Сталь 45					-	-		-	-		-
Плита штовхачів	40Х	13,838	1,02	50	0,692	-	-	0,692	-	-	0,692	-
	Сталь 45					-	-		-	-		-
Плита штовхачів підкладна	40Х	4,613	1,02	50	0,231	-	-	0,231	-	-	0,231	-
	Сталь 45					-	-		-	-		-
Знімач	40Х	0,740	1,02	125	0,093	-	-	0,093	-	-	0,093	-
	Сталь 45					-	-		-	-		-
Пуансонотримач	40Х	1,575	1,02	125	0,072	-	-	0,072	-	-	0,072	-
	Сталь 45					-	-		-	-		-
Вставка в нерухому плиту	3Х2В8Ф	11,778	1,02	50	0,589	-	-	0,589	-	-	0,589	0,589
	9ХС	11,778	1,02	35	0,412	-	-	0,412	0,412	-	-	-
	ХВГ					-	-			-	-	-

Продовження таблиці 1.4.

Деталь	Марка сталі	Маса деталі, кг	K_i^n, %	Річна програма		Обробка СВЧ	Розподіл річної програми за операціями термічної обробки, т					
				Пі, шт	Пі, т		Цементація	Гартування	Відпуск			Азотування
									Низький	Середній	Високий	
Вставка в плиту формуючу	3Х2В8Ф	31,790	1,02	25	0,795	-	-	0,795	-	-	0,795	-
	9ХС	31,790	1,02	50	1,590	-	-	1,590	1,590	-	-	-
	ХВГ					-	-			-	-	-
Обойма	40Х	19,630	1,02	50	0,982	-	-	0,982	-	-	0,982	-
	Сталь 45					-	-		-	-		-
Брус	40Х	19,625	1,02	80	1,570	-	-	1,570	-	-	1,570	-
	Сталь 45					-	-		-	-		-
Штовхач центральний	3Х2В8Ф	0,733	1,02	50	0,037	-	-	0,037	-	-	0,037	-
	9ХС	0,030	1,02	150	0,005	-	-	0,005	0,005	-	-	-
	ХВГ					-	-			-	-	-
Штовхач зворотного ходу	9ХС	0,156	1,02	200	0,031	-	-	0,031	0,031	-	-	-
	У8А					-	-			-	-	-
Контрштовхач	9ХС	0,095	1,02	200	0,019	-	-	0,019	0,019	-	-	-

Продовження таблиці 1.4.

Деталь	Марка сталі	Маса деталі, кг	K_i^n, %	Річна програма		Обробка СВЧ	Розподіл річної програми за операціями термічної обробки, т					
				Пі, шт	Пі, т		Цементація	Гартування	Відпуск			Азотування
									Низький	Середній	Високий	
Зачеп	9ХС	0,052	1,02	50	0,003	-	-	0,003	0,003	-	-	-
	У8А					-	-			-	-	-
Хвостовик	40Х	0,582	1,02	250	0,146	-	-	0,146	-	-	0,146	-
	Сталь 45					-	-		-	-		-
Хвостовик на пресформу	40Х	0,367	1,02	150	0,055	-	-	0,055	-	-	0,055	-
	Сталь 45					-	-		-	-		-
Хвостовик на штамп	40Х	0,493	1,02	250	0,123	-	-	0,123	-	-	0,123	-
	Сталь 45					-	-		-	-		-
Корпус кондуктора	40Х	23,943	1,02	100	2,394	-	-	2,394	-	-	2,394	-
	Сталь 45					-	-		-	-		-
Штифт	40Х	0,080	1,02	1000	0,080	-	-	0,055	-	-	0,055	-
	Сталь 45					-	-		-	-		-
	У8А					-	-	0,025	0,025	-	-	-

Продовження таблиці 1.4.

Деталь	Марка сталі	Маса деталі, кг	K_i^n, %	Річна програма		Обробка СВЧ	Розподіл річної програми за операціями термічної обробки, т					
				Пі, шт	Пі, т		Цементація	Гартування	Відпуск			Азотування
									Низький	Середній	Високий	
Гвинт прижимний	40Х	0,986	1,02	100	0,099	-	-	0,099	-	-	0,099	-
	Сталь 45					-	-		-	-		-
Підп’ятник	40Х	0,007	1,02	100	0,001	-	-	0,001	-	-	0,001	-
	Сталь 45					-	-		-	-		-
Упор	У8А	0,007	1,02	100	0,001	-	-	0,001	0,001	-	-	-
Шестерня	40Х	9,876	1,02	150	1,481	1,481	-	1,481	1,481	-	-	-
	25Х						1,185			-	-	-
	20Х									-	-	-
	18ХГТ									-	-	-
	12ХН3А									-	-	-

Продовження таблиці 1.4.

Деталь	Марка сталі	Маса деталі, кг	K_i^n, %	Річна програма		Обробка СВЧ	Розподіл річної програми за операціями термічної обробки, т					
				Пі, шт	Пі, т		Цементація	Гартування	Відпуск			Азотування
									Низький	Середній	Високий	
Вал-шестерня	40Х	37,116	1,02	200	7,423	7,423	-	7,423	7,423	-	-	-
	25Х						5,938			-	-	-
	20Х									-	-	-
	18ХГТ									-	-	-
	12ХН3А									-	-	-

С – кількість святкових днів, що не збігаються з вихідними;

З – кількість змін;

τ – тривалість однієї зміни.

Для виконання всіх операцій термічної обробки обладнання має працювати в 1 зміну:

$$\Phi_н = (365 - 104 - 10) \cdot 1 \cdot 8 = 2008 \text{ год.}$$

Ефективний робочий час обладнання розраховується за формулою [9]:

$$\Phi_д^0 = \Phi_н(1 - \frac{П+Р}{100}) \qquad (1.3)$$

де П – витрати час на переналагоджування обладнання, %;

Р – витрати часу на ремонт обладнання, %.

Значення Р залежить від типу вибраного обладнання і для печей періодичної дії, які працюють в одну зміну складає 4%. Значення П варіюється в залежності від частоти переналагоджування обладнання і в середньому складає 2%.

Таким чином, ефективний час роботи обладнання складає:

$$\Phi_д^0 = 2008 \cdot \left(1 - \frac{2+4}{100}\right) = 1878 \text{ год.}$$

1.4 Вибір та розрахунок необхідної кількості обладнання

Враховуючи габарити, конфігурацію та масу виробів, а також річну програму виробництва для термічної обробки деталей доцільно застосовувати електричні камерні та шахтні печі.

Для задоволення потреб виробництва можна виділити такі види основного обладнання:

- камерні печі СНО 3.6.2/10 та СНО 4.8.4/10 для гартування та підігріву;

- шахтні печі СШО 6.6/7 для гартування та відпуску та США 6.6/7 для азотування;

- масляні ванни СВМ 2,5.2,5/3 та СВМ 5.5/3;

- селітрова тигельна ванна СВГ 2.3,5/8,5 для гартування та відпуску;

- установка струмів високої частоти ППЧ-150-50 для поверхневого гартування;

- гартувальні баки для охолодження в ході гартування.

Серед допоміжного та додаткового обладнання слід виділити:

- промивні баки та/або мийні машини для очистки деталей від масла після термічної обробки;

- дробоструминна камера для очистки від окалини;

- кран-балка для завантаження та розвантаження виробів, їх підйом та переміщення;

- твердомір ТК для контролю якості термічної обробки.

Вихідними даними для розрахунку необхідної кількості основного додаткового та допоміжного обладнання є [9]:

- річна програма термічної обробки виробів і-го найменування $П_i$ (кг);

- продуктивність вибраного обладнання для обробки деталей і-го найменування $Р_i$ (кг/год);

- ефективний фонд робочого часу обладнання $Ф_д^0$ (год).

Час, необхідний для виконання відповідної термічної обробки за даною виробничою програмою для деталі і-го найменування розраховується за формулою [9]:

$$E_i = \frac{П_i}{Р_i} \qquad (1.4)$$

Розрахункова кількість одиниць обладнання $К_р$, необхідна для виконання заданої програми [9]:

$$К_р = \frac{E_i}{Ф_д^0} \qquad (1.5)$$

Щоб визначити необхідну кількість одиниць обладнання $К_{пр}$ розрахункову кількість $К_р$ округлюють до найближчого цілого числа [9]. Дані про основне обладнання наведені в табл. 1.5.

Кількість додаткового та допоміжного обладнання розраховується установочним методом (табл. 1.6) [9].

1.5 Розрахунок необхідних площ дільниці

До складу термічної дільниці входять:

- виробничі площі, на яких розташовано обладнання;

- допоміжні площі – приміщення технічного контролю, майстерні механіка та електрика, склади для виробів та допоміжних матеріалів;

- службово-побутові приміщення.

До планування розташування устаткування потрібно визначити загальну площу дільниці, яка включає виробничу і допоміжну.

Загальну площу дільниці орієнтовно можна визначити за нормативами площі на одиницю обладнання, при цьому допоміжна площа зазвичай становить 25 – 30% від виробничої (табл. 1.7).

Окрім площі, для встановлення обладнання, загальна площа дільниці повинна включати площі для проходу та проїзду (~15 м^2), приміщення для майстра та технолога (~10 м^2), приміщення для гардеробу, санвузлів та душових (~30 м^2), комору технологічних матеріалів та запчастин (~20 м^2) [9].

Розмір приміщень орієнтовно визначений спираючись на річну програму термічної обробки виробів та кількості працівників [9]. Так, загальна проща цеху ~530 м^2.

Таблиця 1.5 – Розрахунок необхідної кількості одиниць основного обладнання

Обладнання	Операції термічної обробки	Найменування деталі	Річна програма, $П_i$, т	Продуктивність одиниці обладнання P_i, кг/год	Необхідна кількість годин роботи E_i, год	Ефективний фонд часу роботи обладнання	Кількість одиниць обладнання	
							Розрахункова $К_р$	Прийнята $К_{пр}$
СНО 3.6.2/10	Гартування	Свердло, фреза, різець, мітчик, плашка, розвертка, протяжка, виштовхувач, пуансон, корпус наладки, викрутка, ключ, втулка, штовхач, зачеп, хвостовик, гвинт, штифт, упор, підп'ятник, шестерня, вал-шестерня	44	27	1 634	1878	0,87	1
СШЗ 5.5.20/13	Гартування	Свердло, фреза, різець, плашка, матриця, розсікач, підкладка, втулка, пуансон, вставка в нерухому плиту, вставка в плиту формуючу, штовхач, виштовхувач,	496	300	1 653	1878	0,88	1

Продовження таблиці 1.5.

Обладнання	Операції термічної обробки	Найменування деталі	Річна програма, $П_i$, т	Продуктивність одиниці обладнання P_i, кг/год	Необхідна кількість годин роботи E_i, год	Ефективний фонд часу роботи обладнання	Кількість одиниць обладнання	
							Розрахункова $К_р$	Прийнята $К_{пр}$
ППЧ-150-50	Поверхневе гартування	Шестерня, вал-шестерня	223	185,6	1 202	1878	0,64	1
США 6.6/7	Азотування	Вставка в нерухому плиту	0,59	15	188	1878	0,1	1
СШО 6.6/7	Відпуск	Свердло, фреза, різець, плашка, викрутка, ключ, матриця, розсікач, підкладка, втулка, колонка, плита, знімач, пуансонотримач, вставка в плиту, брус, обойма, виштовхувач, хвостовик, корпус, штифт, гвинт, підп’ятник, упор	302	217,6	1 390	1878	0,74	1

Продовження таблиці 1.5.

Обладнання	Операції термічної обробки	Найменування деталі	Річна програма, $П_i$, т	Продуктивність одиниці обладнання P_i, кг/год	Необхідна кількість годин роботи E_i, год	Ефективний фонд часу роботи обладнання	Кількість одиниць обладнання	
							Розрахункова $К_р$	Прийнята $К_{пр}$
СВГ 2.3,5/8,5	Гартування, середній відпуск	Свердло, фреза, різець, плашка, викрутка, ключ, матриця, розсікач, підкладка, втулка, колонка, плита, знімач, пуансонотримач, вставка в плиту, брус, обойма, виштовхувач, хвостовик, корпус, штифт, гвинт, підп’ятник, упор	26	25	1 033	1878	0,55	1
СВМ 2,5.2,5/3	Низький відпуск	Різець, свердло, фреза, мітчик, плашка, розвертка, протяжка, виштовхувач, пуансон, втулка, матриця, штовхач, зачеп, виштовхувач, штифт	22	15	1 465	1878	0,78	1

Продовження таблиці 1.5.

Обладнання	Операції термічної обробки	Найменування деталі	Річна програма, $П_i$, т	Продуктивність одиниці обладнання P_i, кг/год	Необхідна кількість годин роботи E_i, год	Ефективний фонд часу роботи обладнання	Кількість одиниць обладнання	
							Розрахункова $К_р$	Прийнята $К_{пр}$
СВМ 5.5/3	Низький відпуск	Різець, свердло, фреза, мітчик, плашка, розвертка, протяжка, виштовхувач, пуансон, корпус наладки, втулка, матриця, плита, штовхач, зачеп, виштовхувач, штифт	176	124,8	1 409	1878	0,75	1
Бак для гартування	Охолодження	Всі вироби	Не розраховується					1

Таблиця 1.6 – Площі дільниці на одиницю обладнання [9]

Найменування обладнання	Площа на одиницю обладнання, $м^2$	
	Виробнича	Загальна
СНО-3.6.2/10	35	40
СШЗ-5.5.20/13	50	55
США-6.6/7	25	35
СШО-6.6/7	25	35
СВГ-2.3,5/8,5	20	25
СВМ-2,5.2,5/3	20	25
СВМ-5.5/3	25	30
Бак для гартування	6,5	8
Промивний бак	6,5	8
ММК-400	35	45

2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Коротка характеристика виробу

Вал-шестерня силової установки екструзійного пресу слугує для передачі обертального моменту від приводу до виконавчого механізму.

Умови роботи шестерні залежать від багатьох чинників, в тому числі рівня контактних та згинаючих зусиль, її швидкохідності тощо. В процесі експлуатації поверхня вал-шестерні зазнає таких впливів:

- зношування внаслідок потрапляння абразивних частинок на робочу область (пил, піщинки тощо) або через недостатність чи відсутність мастильного матеріалу в зоні контакту;

- контактних напружень на робочих поверхнях, які спричиняють контактно-втомне викришування;

- згин при циклічних багаторазових навантаженнях;

- згин при сильному однократному навантаженні (під час зупинки механізму).

Проаналізувавши умови роботи вал-шестерні, висунуто вимоги до матеріалу деталі: висока втомна, статична та динамічна міцність в поєднанні з високою твердістю контактних поверхонь.

2.2 Вибір матеріалу та його обґрунтування

Матеріал, з якого виготовляється вал-шестерня повинен мати поверхневу твердість близько 50 HRC при твердості серцевини 30 – 35 HRC та ударну в’язкість (KCU) 65 – 70 Дж/см^2. Задовольнити ці вимоги можуть кілька марок сталей, які піддаються такому виду хіміко-термічної оброки, як цементація, зокрема 30ХГСА та 30ХГТ. Хімічні склади сталей та їх механічні властивості наведені в таблицях 2.1 та 2.2 відповідно.

Таблиця 2.1 – Хімічні склади сталей, запропонованих для виготовлення вал-шестерні [2]

Марка сталі	Вміст елементів, мас %					
	C	Mn	Si	Cr	Ti	Ni
30ХГСА	0,22 – 0,28	0,8 – 1,1	0,9 – 1,2	0,8 – 1,1	-	< 0,3
30ХГТ	0,24 – 0,32	0,8 – 1,1	0,17 – 0,37	1,0 – 1,3	0,03 – 0,09	< 0,3
45ХН	0,4 – 0,49	0,5 – 0,8	0,45 – 0,75	0,45 – 0,75	-	1,0 – 1,4

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталей, запропонованих для виготовлення вал-шестерні [2]

Марка сталі	Вид термічної обробки	Механічні властивості		
		Ударна в'язкість (KCU), Дж/см^2	Твердість серцевини, HRC	Твердість поверхні, HRC
30ХГСА	Цементація, гартування, низький відпуск	127	35	57 – 63
30ХГТ		59	28 – 33	57 – 63
45ХН	Гартування, високий відпуск, поверхневе гартування, низький відпуск	69	29 – 36	57 – 63

Для забезпечення необхідних властивостей сталь 30ХГСА піддають цементації, гартуванню та низькому відпуску. Цементація проводиться за температури 950 ^{0}C [2]. Проте при тривалій витримці за цієї температури відбувається значний ріст зерна та утворення грубодисперсної структури, яка негативно впливає на властивості. Подрібнити зерно можна шляхом швидкого охолодження на повітрі одразу після цементації. Після цементації виріб піддається гартуванню від 840 ^{0}C та подальшому низькому відпуску.

Технологічний процес термічної обробки сталі 30ХГТ простіший, ніж 30ХГСА, оскільки 30ХГТ спадково дрібнозерниста і гартування можна виконувати після підстужування після цементації без необхідності повторного нагрівання. Такі властивості пов'язані з наявністю стійких при температурі цементації карбідів титану, які розташовуються по границям зерна і стримують його ріст. Таким чином процес термічної обробки 30ХГТ виглядає наступним чином: цементація при 950 ^{0}С, підстужування до 850 ^{0}С, гартування в маслі та низький відпуск [2].

Необхідні властивості матеріалу виробу також можна забезпечити застосовуючи сталь 45ХН з такою термічною обробкою: покращення (гартування і високий відпуск) та поверхневе гартування струмами високої частоти. Обробка СВЧ дозволяє зменшити або взагалі не робити припусків на кінцеву механічну обробку, адже при поверхневому гартуванні деталь значно менше піддається короблению та скоротити тривалість термічної обробки виробу.

2.3 Розробка маршрутної технології

Спираючись на розміри та форму деталі як заготовку доцільно взяти прокат круглого перерізу. При цьому маршрутна технологія матиме такий вигляд:

- відрізка заготовки;
- попередня термічна обробка;
- попередня механічна обробка;
- кінцева термічна обробка;
- кінцева механічна обробка.

2.4 Вибір та розробка технології термічної обробки

2.4.1 Вибір і обґрунтування технологічного процесу термічної обробки

В процесі термічної обробки необхідно забезпечити високі показники ударної в’язкості серцевини та поверхневу твердість виробу. Виходячи з цього термічна обробка має такий вигляд:

- покращення сталі (попередня термічна обробка);

- обробка струмами високої частоти (поверхневе гартування) з подальшим низьким відпуском (кінцева термічна обробка).

Попередня термічна обробка складається з гартування та високого відпуску. Температура нагрівання в ході гартування має складати 830 ^{0}С (камерна піч), після витримки при цій температурі охолодження в маслі [2]. Структура виробу після гартування – мартенсит гартування. Високий відпуск здійснюється при температурі 530 ^{0}С (шахтна піч) і в результаті отримуємо структуру тросто-сорбіту відпуску [2]. Подібна структура забезпечує високу в’язкість, підвищені межі міцності та плинності, опір крихкому руйнуванню.

Кінцева термічна обробка складається з поверхневого гартування та низького відпуску. Поверхневе гартування дозволяє підвищити міцність і твердість поверхні виробу та при цьому зберегти в’язку серцевину. Під час гартування поверхня деталі розігрівається до 930 ^{0}С (струми високої частоти) з подальшим охолодженням у воді [2]. Структура поверхні виробу перетворюється на мартенсит гартування з часткою залишкового аустеніту. Для зняття залишкових напружень та розпаду залишкового аустеніту застосовується низький відпуск при температурі 200 ^{0}С (масляна ванна) [2]. Таким чином структура поверхневого шару – мартенсит відпуску, серцевини – сорбіт відпуску.

2.4.2 Розробка технологічних режимів термічної обробки

2.4.2.1 Визначення температурно-часових режимів гартування

Для гартування заготовку слід нагріти до 830 ^{0}С та витримати при цій температурі до завершення аустенітного перетворення, тому тривалість перебування виробу в печі складається з часу нагрівання та часу витримки [9]:

$$\tau_{заг} = \tau_н + \tau_в, \qquad (2.1)$$

де $\tau_н$ – тривалість нагрівання до заданої температури, хв;

$\tau_в$ – тривалість витримки при заданій температурі, хв.

Тривалість нагрівання розраховується за формулою [9]:

$$\tau_н = k_1 \cdot k_2 \cdot W, \qquad (2.2)$$

де k_1 – коефіцієнт нагрівального середовища, хв/см;

k_2 – коефіцієнт рівномірності нагрівання;

W – геометричний показник виробу, см.

Визначити геометричний показник виробу можна за формулою [9]:

$$W = \frac{Dl}{4l+2D}, \qquad (2.3)$$

де D – зовнішній діаметр, см;

l – довжина вал-шестерні, см.

Так:

$$W = \frac{16{,}8 \cdot 21{,}5}{4 \cdot 21{,}5 + 2 \cdot 16{,}8} = 3 \text{ см}.$$

Враховуючи матеріал шестерні, температуру кінцевого нагрівання, нагрівального середовища та конфігурації виробу приймаємо $k_1 = 40$, деталь в печі нагрівається з усіх боків, тому $k_2 = 1$ [9]. Тоді тривалість нагрівання:

$$\tau_{\text{н}} = 40 \cdot 1 \cdot 3 = 120 \text{ хв.}$$

Тривалість ізотермічної витримки [9]:

$$\tau_{\text{в}} = \frac{1}{5}\tau_{\text{н}}, \qquad (2.4)$$

Тоді:

$$\tau_{\text{в}} = \frac{1}{5} \cdot 120 = 24 \text{ хв.}$$

Таким чином загальна тривалість нагрівання:

$$\tau_{\text{заг}} = 120 + 24 = 144 \text{ хв.}$$

Швидкість охолодження в маслі становить 35 ^{0}C/с [11].

Тривалість охолодження в ході гартування [9]:

$$\tau_{\text{ох}} = \frac{\tau_{\text{гарт}} - 500}{\upsilon_{\text{ох}}} + \frac{500 - 60}{\upsilon_{\text{ох}}/4}, \qquad (2.5)$$

де $\tau_{\text{гарт}}$ – кінцева температура нагрівання в ході гартування, ^{0}C;

$\upsilon_{\text{ох}}$ – швидкість охолодження, ^{0}C/с.

Тоді тривалість охолодження:

$$\tau_{\text{ох}} = \frac{840 - 500}{35} + \frac{500 - 60}{35/4} = 60 \text{ с.}$$

2.4.2.2 Визначення температурно-часових режимів високого відпуску

Враховуючи геометричний показник виробу ($W = 3$ см), тривалість нагрівання складає близько 60 хв [9]. При температурі відпуску 530 ^{0}С та максимальним діаметром виробу 168 мм тривалість витримки в процесі відпуску складає 178 хв [9]. Таким чином загальна тривалість нагрівання:

$$\tau_{заг} = 60 + 178 = 238 \text{ хв.}$$

Оскільки сталь 45ХН схильна до відпускної крихкості, рекомендується після відпуску охолоджувати деталь у воді [2].

2.4.2.3 Розрахунок індукційного нагрівання

Розрахунок індукційного нагрівання складається з визначення оптимальної частоти та потужності генератора.

Для термічної обробки вал-шестерні силової установки екструзійного пресу оптимальна частота складає 10 кГц [12]. За даної частоти діапазон товщин прогрітого шару становить 1,5 – 2,3 мм [13].

Потужність генератора визначається за формулою [12]:

$$P = P_0 \cdot S, \qquad (2.6)$$

де P_0 – питома потужність, кВт/см^2,

S – площа, яка нагрівається, см^2.

Виходячи з конфігурації шестерні площа поверхні для підігріву становить 330,67 см^2.

Питома потужність визначається залежно від глибини прогрітого шару і діаметру деталі. В даному випадку 1 кВт/см^2 при тривалості нагрівання 10с [14].

Тоді потужність генератора:

$$P = 330{,}76 \cdot 1 = 330{,}76 \text{ кВт}.$$

Враховуючи потужність та робочу частоту для нагрівання СВЧ здійснюється генератором ППЧ-150-50.

Охолодження можна здійснювати безпосередньо в індукторі, тоді швидкість охолодження становитиме 100 ^{0}С.

Тоді тривалість охолодження [9]:

$$\tau_{\text{ох}} = \frac{950-500}{100} + \frac{500-20}{100/4} = 24 \text{ с}.$$

2.4.2.4 Визначення температурно-часових режимів низького відпуску

Низький відпуск рекомендується здійснювати у масляній ванні [9].

Тривалість нагрівання в ході відпуску визначається з урахуванням геометричного показника виробу (W=3 см) та становить 45 хв [9]. Тривалість витримки визначається з розрахунку 120 хв + 1 хв на 1 мм умовної товщини виробу (загартованого шару) і становить 123 хв [9].

Таким чином загальний час перебування деталі в масляній ванні під час відпуску:

$$\tau_{\text{заг}} = 45 + 123 = 168 \text{ хв} = 2 \text{ год } 48 \text{ хв}.$$

Після відпуску охолодження виробу відбувається на повітрі. Після охолодження деталь необхідно очистити від масла 10% водним розчином кальцинованої соди при температурі 80 – 90 ^{0}С.

2.4.3 Кінцева структура та властивості деталі

В процесі термічної обробки структура та властивості матеріалу виробу змінюються.

Вихідна структура являє собою ферито-цементитну суміш. В ході нагрівання до температур гартування відбувається аустенітне перетворення. Після різкого охолодження в маслі отримаємо мартенсит гартування. В процесі високого відпуску мартенситна структура перетворюється в тростито-сорбіт відпуску.

В процесі нагрівання струмами високої частоти поверхня виробу зазнає аустенітного перетворення і при різкому охолодженні у воді перейде в мартенсит гартування з часткою залишкового аустеніту. При цьому структура серцевини залишається незмінною. Після низького відпуску деталь має мартенсит відпуску на поверхні та сорбіт відпуску в серцевині.

2.4.4 Контроль якості виробу

Контроль якості деталі необхідно проводити після попередньої та кінцевої термічної обробки.

Після попередньої термічної обробки:

- візуальний огляд на відсутність поверхневих дефектів (короблень та гартувальних тріщин);

- вимірювання твердості поверхні приладом ТК.

Після кінцевої термічної обробки:

- візуальний огляд на відсутність поверхневих дефектів;

- вимірювання твердості поверхні приладом ТК;

2.5 Розрахунок річної виробничої програми

Річна виробнича програма розраховується за формулою [9]:

$$П = П_з \cdot (1 + \frac{\delta^Т + \delta^П + К^Р}{100}), \qquad (2.7)$$

де П – маса деталей, т;

$\delta^Т$ – відсоток бракованих деталей і-го найменування при термічній обробці (0…3%);

$\delta^П$ – відсоток бракованих деталей після термічної обробки;

$К^Р$ – відсоток деталей і-го найменування, що підлягають руйнівним методам контролю (0…2%).

Величина $1 + \frac{\delta_i^T + \delta_i^n + K_i^p}{100}$ є коефіцієнтом збільшення програми та наразі складає $К^Р = 10\%$ [9].

Таким чином:

$$П = 150 \cdot 1{,}1 = 165 \text{ шт.}$$

Маса однієї деталі складає 9,27 кг, тоді:

$$П' = 165 * 9{,}27 = 1\,530 \text{ кг}$$

2.6 Визначення ефективного річного фонду часу роботи обладнання

Номінальний фонд робочого часу визначається за формулою [9]:

$$Ф_н = (365 - В - С) \cdot З \cdot \tau, \qquad (2.8)$$

де В – кількість вихідних днів на рік;

С – кількість святкових днів, які збігаються з вихідними;

З – кількість змін на добу;

τ – тривалість однієї зміни, год.

Для виконання заданої річної програми (150 шт) достатньо буде роботи в одну зміну тривалістю 8 год [15].

Номінальний фонд робочого часу:

$$\Phi_н = (365 - 104 - 10) \cdot 1 \cdot 8 = 2008 \text{ год.}$$

Дійсний (ефективний) фонд робочого часу обладнання визначається за формулою [9]:

$$\Phi_д^0 = \Phi_н \cdot (1 - \frac{П+Р}{100}), \qquad (2.9)$$

де Р – витрати часу на ремонт обладнання, %;

П – втрати часу на переналагоджування, %.

Оскільки дільниця термічної обробки проектується для обробки деталей одного типу, витратами часу на переналагоджування обладнання можна знехтувати.

Для камерної, шахтної печі та масляних ванн витрати часу на ремонт Р становлять 4%. Таким чином ефективний фонд часу роботи обладнання:

$$\Phi_д^0 = 2008 \cdot \left(1 - \frac{4}{100}\right) = 1928 \text{ год.}$$

Для установки СВЧ витрати часу на ремонт складають 5%, з цього:

$$\Phi_д^0 = 2008 \cdot \left(1 - \frac{5}{1000}\right) = 1908 \text{ год.}$$

2.7 Вибір і розрахунок необхідної кількості основного обладнання

Технологічний процес обробки сталі 45ХН складається з покращення і поверхневого гартування СВЧ з подальшим низьким відпуском. Для виконання цих операцій знадобиться таке обладнання:

- камерна піч СНО-4.8.4/10 (нагрівання в ході гартування при покращенні);
- шахтна піч СШО-6.6/7 (високий відпуск при покращенні сталі);
- установка ППЧ-150-50 (нагрівання в ході поверхневого гартування);
- масляна ванна СВМ-5.5/3 (низький відпуск).

2.7.1 Визначення продуктивності основного обладнання

Погодинна продуктивність обладнання визначається за формулою [9]:

$$P = \frac{M_C}{\tau_c}, \qquad (2.10)$$

де τ_c – нормована тривалість обробки однієї садки, год.;

M_C – кількість деталей в садці, шт.

Нормована тривалість обробки однієї садки [9]:

$$\tau_{заг} = \tau_{зав.розв.} + \tau_н, \qquad (2.11)$$

де $\tau_{зав.розв.}$ – час на завантаження та розвантаження деталей, хв;

$\tau_н$ – тривалість нагрівання деталі до заданої температури, хв.

Нагрівання до температури гартування (830 ^{0}C) планується проводити в камерній печі СНО-4.8.4/10, при цьому $\tau_{\text{зав.розв.}} = 30$ хв [16]. Нормативна тривалість обробки:

$$\tau_{\text{заг}} = 30 + 144 = 174 \text{ хв.}$$

Високий відпуск проводиться в шахтній печі СШО-6.6/7, в цьому випадку $\tau_{\text{зав.розв.}} = 20$ хв. [16], тоді:

$$\tau_{\text{заг}} = 20 + 238 = 258 \text{ хв.}$$

Гартування струмами високої частоти відбувається в установці ППЧ-150-50, де час завантаження і розвантаження становить 60 с [16], тривалість нагрівання 10 с. Крім того, охолодження також відбувається в печі протягом 4 с, тому:

$$\tau_{\text{заг}} = 60 + 10 + 4 = 74 \text{ с.}$$

Низький відпуск здійснюється в масляній ванні СВМ-5.5/3, $\tau_{\text{зав.розв.}} = 30$ хв [16], тоді:

$$\tau_{\text{заг}} = 30 + 168 = 198 \text{ хв.}$$

В камерну піч СНО-4.8.4 поміщається 3 деталі за одну садку. Таким чином продуктивність печі:

$$P = \frac{3}{2{,}9} = 1{,}03 \text{ шт/год.}$$

В шахтну піч СШО-6.6/7 одна садка складає 5 деталей, тому продуктивність печі:

$$P = \frac{5}{4{,}3} = 1{,}16 \text{ шт/год.}$$

Садка індуктора складає всього 1 деталь, тому:

$$P = \frac{1}{0{,}02} = 50 \text{ шт/год.}$$

Садка масляної ванни СВМ-5.5/3 складає 3 деталі, тому продуктивність:

$$P = \frac{3}{3{,}3} = 0{,}9 \text{ шт/год.}$$

2.7.2 Розрахунок необхідної кількості основного обладнання

Для визначення необхідної кількості основного обладнання, площ дільниці, додаткового устаткування та інших параметрів дільниці основною вихідною величиною є річна виробнича програма [9].

Час, необхідний для виконання відповідної термічної обробки за даною виробничою програмою для деталі і-го найменування може бути розрахований за формулою [9]:

$$\text{Е} = \frac{\text{П}}{\text{Р}} \qquad (2.12)$$

де П – річна програма термічної обробки, шт.;

Р – продуктивність обладнання, шт/год.

Для камерної печі СНО-4.8.4/10 необхідна кількість часу для виконання річної програми складає:

$$\text{Е} = \frac{165}{1{,}03} = 160{,}2 \text{ год.}$$

Шахтна піч СШО-6.6/7:

$$\text{Е} = \frac{165}{1{,}16} = 142{,}2 \text{ год.}$$

Установка ППЧ-150-50:

$$\text{Е} = \frac{165}{50} = 3{,}3 \text{ год.}$$

Масляна ванна СВМ-5.5/3:

$$\text{Е} = \frac{165}{0{,}9} = 183{,}3 \text{ год.}$$

Необхідна кількість обладнання для виконання річної програми визначається за формулою [9]:

$$K_p = \frac{E}{\Phi_д^0}, \qquad (2.13)$$

де $Ф_д^0$ – дійсний річний фонд часу роботи обладнання, год.

Таким чином кількість камерних печей СНО-4.8.4/10 складає:

$$K_p = \frac{160,2}{1928} = 0,08$$

Шахтна піч СШО-6.6/7:

$$K_p = \frac{142,2}{1928} = 0,07$$

Індуктор ППЧ-150-50:

$$K_p = \frac{3,3}{1908} = 0,002$$

Масляна ванна СВМ-5.5/3:

$$K_p = \frac{183,3}{1928} = 0,1$$

Коефіцієнт завантаження обладнання розраховується за формулою [9]:

$$\eta = \frac{П}{Ф_д \cdot Р}, \qquad (2.14)$$

де П – річна програма, шт.;

$Ф_д$ – дійсний фонд часу, год.;

Р – продуктивність обладнання %.

2.8 Вибір додаткового і допоміжного обладнання

В технологічному процесі застосовується як основне так і допоміжне обладнання до та після операцій термічної обробки. Зведена відомість обладнання наведена в табл. 2.5 [9].

Таблиця 2.4 – Розрахунок кількості одиниць основного обладнання

Обладнання, марка	Операції термічної обробки	Найменування деталі	Річна програма, П		Продуктивність обладнання, Р		Необхідна кількість годин роботи Е, год	Річний фонд робочого часу обладнання $Ф_д$, год	Кількість одиниць обладнання		Коефіцієнт завантаження обладання, η
			шт.	кг	шт/год	кг/год			Розрахункова $К_р$	Прийнята $К_{пр}$	
СНО-4.8.4/10	Нагрівання в ході гартування	Вал-шестерня	165	1530	1,03	9,55	160,2	1928	0,08	1	0,09
СШО-6.6/7	Високий відпуск				1,16	10,75	142,2	1928	0,07	1	0,08
ППЧ-150-50	Гартування СВЧ				50	563,5	3,3	1908	0,002	1	0,003
СВМ-5.5/3	Низький відпуск				0,9	8,343	183,3	1928	0,1	2	0,11

Таблиця 2.5 – Зведена відомість обладнання

Найменування обладнання	Індекс	Призначення	Коротка характеристика	Кількість	Потужність, кВт
СНО	4.8.4/10	Гартування	Максимальна робоча температура 1000 ^{0}С	1	18,2
СШО	6.6/7	Високий відпуск	Частота 8-50 кГц	1	36
ППЧ	150-50	Поверхневе гартування	Максимальна робоча температура 1000 ^{0}С	1	150
СВМ	5.5/3	Низький відпуск	Максимальна робоча температура 300^{0}С	2	12

Продовження таблиці 2.5.

Найменування обладнання	Індекс	Призначення	Коротка характеристика	Кількість	Потужність, кВт
Гартувальний бак		Гартування		1	
Мийна машина	ММК-400	Очищення від масла		2	1
Бак замочувальний		Охолодження		1	
Гідропіско-струменева установка		Очищення від окалини		1	4
Твердомір	ТК	Контроль твердості		2	
Кран-балка		Переміщення виробів		2	

3 ТЕПЛОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Призначення та характеристики основного обладнання

Камерні печі періодичної дії застосовуються в одиничному та серійному виробництві для термічної обробки деталей, різних за формою, розмірами, маркою сталі та режимами термічної обробки [17].

Технічні характеристики печі СНО-4.8.4/10:

- максимальна робоча температура 1000 ^{0}С;
- потужність 24 кВт;
- продуктивність 200 кг/год;
- габаритні розміри 1980×1320×1660.

Камерна піч застосовується для нагрівання вал-шестерні в ході гартування, температура робочого простору регулюється автоматично. Піч має герметичний кожух та фероніхромові дротові нагрівачі, розташовані на поді на бокових стінках робочого простору [17].

Для полегшення завантаження і розвантаження піч обладнана кульковим подом.

Шахтна піч задіяна для термічної обробки деталі в ході високого відпуску [17]. Для найбільш продуктивного використання робочого простору печі деталі розташовуються на спеціальних підвісах та в кошиках [17].

Технічні характеристики шахтної печі СШО-6.6/7:

- максимальна робоча температура 700 ^{0}С;
- потужність 36 кВт;
- продуктивність 220 кг/год;
- габаритні розміри 2700×2400×3000.

Масляні ванни призначені для низького відпуску після гартування. Масляне середовище забезпечує рівномірне нагрівання виробу з усіх боків. Піч являє собою каркас з футеровкою ізоляційними та вогнетривкими матеріалами. Нагрівачі розташовані по бокових стінках печі. Робочий простір накривається кришкою. Подібна конфігурація дозволяє здійснювати

завантаження та розвантаження виробів з використанням підйомно-транспортних механізмів, наявних в дільниці [17].

Технічні характеристики масляної ванни СВМ-5.5/3:

- максимальна робоча температура 300 ^{0}С;
- потужність 12 кВт;
- продуктивність 125 кг/год;
- габаритні розміри 1600×1300×2000.

До основного обладнання також належить обладнання для охолодження виробів, оскільки безпосередньо бере участь в основних операціях термічної обробки.

Гартувальні баки виготовляються з листової сталі та встановлюються біля печей, в яких відбувається нагрівання в ході гартування. Охолодження виробів у гартувальному баку здійснюється у воді або маслі.

Температура води в гартувальному баку регулюється шляхом її циркуляції. Після охолодження деталей, нагріта вода зливається, фільтрується та охолоджується для повторного використання

Температура масла в гартувальному баку становить близько 60 ^{0}С. Для підтримки потрібної температури масло охолоджується за допомогою змійовика з циркулюючою холодною водою та нагрівається завдяки ТЕНам на стінках бака.

3.2 Розрахунок параметрів індуктора

Обов’язковими елементами індуктора є індукуюча трубка, яка створює магнітне полу, струмопровідні шини, колодки для з’єднання індуктора з понижувальним трансформатором [18].

Внутрішній діаметр індуктора розраховується за формулою [18]:

$$D_1 = D_2 + 2 \cdot h, \qquad (3.1)$$

де D_2 – діаметр деталі, мм;

h - повітряний проміжок між індуктором та деталлю.

Для деталей, діаметр яких більше 50 мм величина h зазвичай обирається в межах 5-10 мм [18].

Тоді внутрішній діаметр індуктора:

$$D_1 = 168 + 2 \cdot 5 = 178 \text{ мм}.$$

Товщина струмопровідної стінки розраховується за формулою [18]:

$$d_1 = 2{,}7 \cdot x_k, \qquad (3.2)$$

де x_k – глибина прогрітого шару, мм.

Тоді:

$$d_1 = 2{,}7 \cdot 3 = 8{,}1 \text{ мм}$$

Струм підводиться до індуктора шинами, виготовленими з листової міді товщиною 3 мм. Відстань між шинами з урахуванням частоти і потужності генератора становить 3 мм [18]. За даних умов колодки і шини доцільно виготовити з одного цільного листа міді. Для підвищення міцності конструкції індуктора шини стягуються болтами з немагнітної сталі.

Охолодження індуктора та деталі забезпечується отворами, крізь які подається вода. Вони розташовані в 19 рядів в шаховому порядку з кроком 1мм, відстань між рядами 5 мм, діаметр кожного отвору 2 мм. Площа поперечного перерізу трубки вдвічі більша за сумарну площу отворів [18].

Струмопровідні частини індуктора спаюються між собою тугоплавким припоєм.

ВИСНОВКИ

В процесі розробки дипломного проекту було виконано:

1. Проаналізували та систематизували номенклатуру деталей з швидкорізальних, легованих та вуглецевих сталей, які піддаються обробці в термічній дільниці інструментального цеху заводу алюмінієвих конструкцій.

2. Обрали та обґрунтували вибір матеріалів для оброблюваних деталей, визначили термічну обробку виробів.

3. Виходячи з номенклатури деталей, технологічних режимів їх термічної обробки та обсягів річної програми обрали необхідне технологічне обладнання та розрахували його кількість.

4. Визначили об’єм виробничої площі, необхідний для дільниці термічної обробки в інструментальному цеху заводу алюмінієвих конструкцій.

5. Розробили технологічний процес термічної оброки вал-шестерні для силової установки екструзійного пресу.

6. Відповідно до умов експлуатації вал-шестерні сформували вимоги до матеріалу виробу та обрали сталь 45ХН для виготовлення деталі. Розробили технологію термічної обробки виробу.

7. Обрали та розрахували необхідну кількість основного, допоміжного та додаткового обладнання для термічної обробки вал-шестерні.

8. З огляду на річну програму виробництва вал-шестерні, спроектували дільницю термічної оброки деталі.

9. Розрахували основні техніко-економічні показники, серед яких собівартість термічної обробки складає 1810 грн/шт, період окупності дільниці – 1,27 року.

10. Розробили заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

CONCLUSIONS

During the development of the diploma project, the following was performed:

1. The nomenclature of parts made of high-speed, alloyed and carbon steels, which are processed in the thermal section of the tool shop of the aluminum structures plant, was analyzed and systematized.

2. The choice of materials for the processed parts is selected and justified, the heat treatment of the products is selected.

3. Based on the nomenclature of parts, technological regimes of their heat treatment and volumes of the annual program, the necessary technological equipment is selected and its quantity is calculated.

4. The volume of production space required for the heat treatment section in the tool shop of the aluminum structures plant was determined.

5. The technological process of thermal aging of the gear shaft for the power plant of the extrusion press has been developed.

6. According to the operating conditions of the gear shaft, the requirements for the material of the product were formed and 45XH steel was chosen for the manufacture of the part. The technology of heat treatment of the product has been developed.

7. The necessary amount of main, auxiliary and additional equipment for heat treatment of the gear shaft is selected and calculated.

8. In view of the annual production program of the shaft-gear, the section of thermal wear of the part is designed.

9. The main technical and economic indicators were calculated, among which the cost of heat treatment is UAH 1,810/piece, the payback period of the site is 1,27 years.

10. Measures for labor protection and safety in emergency situations have been developed.

ЛІТЕРАТУРА

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора машиностроителя: В 3 т. Т. 1. – 8-е изд., перераб. и доп. Под ред. И. Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, 2001. – 920 с.

2. Сорокин В. Г. Стали и сплавы. Марочник / В. Г. Сорокин, М.А. Гервасьев. – М.: Интермет Инжиниринг, 2001. – 608 с.

3. Поливанов П.М., Поливанова Е.П. Таблицы для подсчета массы деталей и материалов: Справочник – 12-е изд., исправл. и доп. – М.: машиностроение, 2003. – 304 с.

4. Сахаров Г. И., Арбузов О. Б., Боровой Ю. Л. и др. Металлорежущие инструменты. — М.: Машиностроение, 1989. — 327 с.

5. Б.С. Хомяк. Твердосплавный инструмент для холодной высадки и выдавливания. – М.: Машиностроение, 1981. – 184 с.

6. Р.А. Шмиг, В.М. Боярчук, І.М. Добрянський, В.М. Барабаш; за заг. ред. Р.А. Шмига. Термінологічний словник-довідник з будівництва та архітектури. – Львів, 2011. – 222с.

7. В.М. Боков. Технологія холодного штампування. Курсове проектування. Холодне штампування: навч. посіб. – Кіровоград: Імекс-ЛТД, 2010. – 249 с.

8. М.А. Сологуб, І.О. Рожнецький, О.І. Некоз та ін. Технологія конструкційних матеріалів: Підручник – 2-ге вид., перероб. і допов. – К.: Вища школа, 2002. – 374 с.

9. Москаленко Ю.Н., Більченко О.В. Методичні вказівки до курсового та дипломного проектування з курсу «Технологія обладнання та проектування термічних цехів». – К.: ІВЦ «Видавництво «Політехніка»», 2002. – 64с.

10. Самохоцкий А. И. Технология термической обработки металлов / А. И. Самохоцкий, Н. Г. Парфеновская. – М.: Машиностроения, 1976. – 311 с.

11. А.П. Гуляев. Металловедение. — М.: Машиностроение, 1977. — 648 с.

12. Шепеляковский К. З. Упрочнения деталей машин поверхностной закалкой при индукционном нагреве / К. З. Шепеляковский. – М.: Машиностроения, 1972. – 288 с.

13. Тылкин М. А. Справочник термиста ремонтной службы / М. А. Тылкин. – М.: Металургия, 1981. – 641 с.

14. Шамов А. Н. Проектирование и эксплуатация высокочастотных установок / А. Н. Шамов, В. А. Бодажков. – Ленинград: Машино-строения, 1974. – 280 с.

15. Самохоцкий А. И. Технология термической обработки металов / А. И. Самохоцкий, Н. Г. Парфеновская. – М.: Машиностроения, 1976. – 311 с.

16. Соколов К. Н. Оборудование термических цехов / К. Н. Соколов. – К.: Вища школа, 1984. – 328 с.

17. Рустем С. Л. Оборудование термических цехов / С. Л. Рустем. – М.: Машиностроения, 1971. – 288 с.

18. Слухоцкий А. Е. Индукторы / А. Е. Слухоцкий. – Ленинград: Машиностроения, 1989. – 68 с.

19. ДСН 3.3.6.042-99. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

20. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.

21. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.

22. Гігієнічні регламенти хімічних речовин у повітрі робочої зони, N 741/35024 від 03.08.2020 р.

23. ДСТУ 2273—2006 Техніка пожежна. Терміни та визначення.

24. Строительные нормы и правила 2.01.02 – 85 Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений.

25. prom.ua [Електронний ресурс]: Prom. Доступ до ресурсу: https://prom.ua/.

ДОДАТОК А

					ФМ11мп.22.132.01 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Лопушанська			Додаток А	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Христенко					120	127
Реценз.						ІМЗ, ФМ-11мп		
Н. Контр.								
Затверд.								

ДОДАТОК Б

ДОДАТОК В

ДОДАТОК Г