

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет
Факультет митної справи, матеріалів та технологій

Кафедра матеріалознавства

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

**Укладання технології виготовлення корпусу лічильника
витрати води з проектуванням штампа для лиття під
тиском / Development of the manufacturing technology for
the water flow meter housing with the design of a die for
pressure casting**

спеціальність 132 Матеріалознавство

освітня програма «Індустріальний інжиніринг та
менеджмент»

Виконав: здобувач вищої освіти
групи ПМ(ПМ)сз-31

СЯБЕР Мирослава Петрівна

_____ (підпис)

Керівник:

к.т.н., доцент

Фещук Юрій Петрович

_____ (підпис)

Кваліфікаційну роботу

допущено до захисту

«05» 06 2025р.

к.т.н., доцент

Гарант освітньої програми:

Гусачук Дмитро Анатолійович

_____ (підпис)

Луцьк – 2025 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет митної справи, матеріалів та технологій
Кафедра матеріалознавства
Ступінь вищої освіти: бакалавр
Галузь знань: 13 Механічна інженерія
Спеціальність: 132 Матеріалознавство
Освітня програма: Індустріальний інжиніринг і менеджмент

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

Мельничук М.Д.

"11" лютого 2025 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Себер Марослав Петрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення механізмів виготовлення корпусів з гнучкими вимірами в об'єкті з проєктуванням і монтажем для менше відомою керівник роботи

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "07" лютого 2025 року № 7/11-к

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи "05" сервіс 2025р.

3. Вихідні дані до роботи Креслення деталі, базові дані процесу виготовлення корпусу 150мм.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Висновок. Технічна об'єкту виготовлення. Технічне рішення частини. Додаток частини конструкції корпусу частини. Вихідні дані процесу виготовлення корпусу 150мм.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Мета і завдання кваліфікаційної роботи
2. Лінійні виміри корпусу КВ-1.5
3. Класифікація матеріалу АМ. 8-2 за елементами виготовлення
4. Технічне рішення частини (4 частини)
5. Результати дослідження
6. Складові частини креслення частини (модельовані на слайді)
7. Висновок і управлінні рекомендації

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Н.контр	Мисковець С.В. доцент	11.05.25	05.06.25

7. Дата видачі завдання «11» лютого 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Венди. Техніка обдурчуг, вагил. Технологічна частина	06.05.2025	Виконано
2	Дослідна частина Конструктивна частина	20.05.2025	Виконано
3	Оформлення праці Висновки та рекомендації	03.06.2025	Виконано

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Сябер М.І.
(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис)

Гелуш Ю.І.
(прізвище та ініціали)

Зм. А
Розробив
Перевіри
Н. Контр
Затв.

АНОТАЦІЯ

СЯБЕР Мирослава Петрівна. Укладання технології виготовлення корпусу лічильника витрати води з проектуванням штампа для лиття під тиском

. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Індустріальний інжиніринг та менеджмент» спеціальності 132 Матеріалознавство. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2025.

В роботі проведено заходи щодо підвищення довговічності прес-форми для лиття деталі "Корпус лічильника води", оптимізацією вибору матеріалів та термічної обробки, розроблено удосконалений технологічний процес.

Основні рішення, прийняті в дипломному проекті направлені на дослідження можливості вдосконалення технологічних параметрів термічної обробки прес-форм для виготовлення корпусу лічильника води та проектування штампа для лиття під тиском.

.Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, п'яти розділів, висновків і практичних рекомендацій, списку використаних джерел, додатків.

Загальний обсяг роботи: 64 сторінки, 5 розділів та висновки, 11 рисунків, 5 таблиць, 9 літературних джерел.

Ключові слова: термічна обробка, структура, міцність, штампування, пластичність

БР 2517.00.000 ПЗ

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Арк.	Акрушів
Розробив		Сябер				3	64
Перевірив		Фещук			ЛНТУ, каф. матеріалознавства, гр. ПМ(ПМ)сз-31		
Н. Контр		Мисковець					
Затв.		Мельничук					

ABSTRACT

SYABER Myroslava Petrivna. Development of the manufacturing technology for the water flow meter housing with the design of a die for pressure casting. Manuscript.

Bachelor's qualification work of the Educational Program «Industrial Engineering and Management» specialty 132 Materials Science. Lutsk National Technical University.

Lutsk, 2025.

The work includes measures to increase the durability of the mold for casting the part "Water meter housing", optimizing the selection of materials and heat treatment, and developing an improved technological process.

The main decisions made in the diploma project are aimed at studying the possibility of improving the technological parameters of heat treatment of molds for manufacturing water meter housings and designing a die for injection molding.

The bachelor's thesis consists of an introduction, five chapters, conclusions and practical recommendations, a list of references, and appendices.

Total volume of work: 64 pages, 5 chapters and conclusions, 11 figures, 5 tables, 9 literary sources.

Keywords: heat treatment, structure, strength, stamping, plasticity.

					2517.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 ТЕХНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ.....	7
1.1 Характеристика лиття	7
1.2 Виготовлення виливків литтям під тиском	8
1.3 Ливарні сплави. Загальні вимоги і застосування	10
1.4 Порівняльна характеристика матеріалів прес-форм	13
1.5 Види браку і контроль якості виливків	13
1.6 Мета і задачі дипломного проектування	16
РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	17
2.1 Характеристика об'єкту дослідження	17
2.2 Аналіз технологічності конструкції деталі	19
2.3 Технологічне застосування дегазаторів, флюсів та ріфінуючих добавок	24
2.4 Технологічні особливості лиття під тиском.....	25
2.5 Операції, які здійснюються після виливання виливка.....	26
2.6 Опис існуючого варіанту технологічного процесу	26
2.7 Аналіз проектного варіанту технологічного процесу	28
2.8 Методика проведення металографічних досліджень	30
РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	31
3.1 Оптимізація матеріалу корпусу лічильника води	31
3.2 Визначення впливу окислювання та корозійних процесів на стійкість прес-форм	38
3.3 Вплив захисних покриттів на стійкість прес-форм	40
3.4 Вплив умови експлуатації на стійкість прес-форм	42
3.5 Шляхи підвищення стійкості прес-форм	44
3.6 Врахування теплових умов роботи прес-форм	45

					БР 2517.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

3.7 Визначення впливу температура нагрівання під гартування на довговічність прес-форм	46
РОЗДІЛ 4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	52
4.1 Принципи конструювання та виготовлення прес-форм	52
4.2 Виготовлення вкладишів	52
4.3 Внутрішні порожнини виливків	56
4.4 Вибір основного та допоміжного обладнання	58
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ	60
ВИСНОВКИ І ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	64

					БР 2517.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

ВСТУП

Ливарне виробництво є однією з основних заготівельних операцій машинобудування. Литвом виробляють заготовки від найменших розмірів до десятків тон.

Точні машинобудівні заготовки роблять лиття під тиском зі сплавів на базі міді, цинку і алюмінію. Стійкість таких штамів порівняно низька, а потреба в них надзвичайно висока. Тому є потреба в пошуку методів підвищення стійкості прес-форм для деталей з високотемпературних сплавів.

Підвищувати стійкість прес-форм можна коректним вибором матеріалів для вкладишів і стрижнів; вибір оптимальної температури для підігріву прес-форм і автоматичне її регулювання в заданому рівні; зняття залишкових напружень шляхом проміжного відпуску; хромування або фосфатування дзеркала прес-форм; застосування антипригарних покриттів.

Прес-форми дефектуються переважно через термічну втому, незворотну формозміну і зношення. Опірність матеріалів термічній втомі залежить від механічних властивостей матеріалів штамів при температурі контакту, величиною загальної деформації і температурних напружень. Чим вищі механічні властивості матеріалу штампа, менші деформації і знижені температурні напруження, то це призводить до зростання термостійкості, формостійкості і зносостійкості, а отже, і в цілому стійкість матеріала штампа підвищуються.

При литті під тиском основні показники якості вилівка визначаються особливостями формування.

Для уникнення пошкоджень і руйнувань вилівка сплави повинні мати вузький інтервал температур кристалізації для забезпечення високої рідкотекучості, мають характеризуватись стабільністю хімічного складу і властивостей при тривалій витримці в печах, не бути агресивними до матеріалу прес-форми.

					БР 2517.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

РОЗДІЛ 1.

ТЕХНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

1.1 Характеристика лиття

У різних галузях народного господарства литі металеві вироби і заготовки отримані методом лиття під тиском в гарячому стані отримали широке розповсюдження.

Особливо ефективний метод лиття під тиском для кольорових сплавів: цинкових, алюмінієвих та мідних, до яких належить марганцева латунь ЛМц58-2.

Суть ливарного виробництва зводиться до того, що метал твердне і зберігає конфігурацію тієї порожнини, в яку він був залитий. Внаслідок кристалізації рідкого сплаву формуються основні механічні і експлуатаційні властивості литої деталі, з відповідною макро- і мікроструктурою сплаву, його густиною, наявністю і розташуванням в ньому металевих включень, полем розподілу внутрішніх напружень, викликаних неоднотимним охолодженням різних об'ємів виливка.

Маса виливка лежить в широких межах: від декількох грамів до декількох сотень тонн.

За класифікацією в сучасному ливарному виробництві існують такі способи одержання виливків: у піщано-глинистих формах з ручним та машинним формуванням, у металевих формах (кокілях), під тиском, за моделями, які витоплюють, в оболонкових (киркових) формах, відцентровим виливанням, під низьким тиском, вакуумним всмоктуванням, витискуванням, рідким штампуванням тощо [1].

Виготовлення виливків у разових піщаних-глинистих формах має значні недоліки: низька точність і недостатня чистота поверхні виливків,

					БР 2517.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		7

необхідність залишати значні припуски на механічну обробку, утворення крупнозернистої литої структури.

Виготовлення виливків у кокілях полягає в тому, що замість разової піщаної форми використовують багаторазову металеву (кокіль). У кокілях виготовляють виливки з кольорових сплавів, чавуну, іноді зі сталі.

Виготовлення виливків виливанням за витоплюваними моделями. Виготовляють не рознімну разову ливарну форму, моделі з якої потім витоплюють і виливають, а в утворену порожнину заливають метал.

Виготовлення виливків виливанням в оболонкові форми потребує суміші термореактивної смоли та уротропіну. Спосіб надзвичайно точний, але й дорогий у використанні [3, 5, 6, 10].

Виготовлення виливків відцентровим виливанням є досить якісним, оскільки метал розганяється до стінок форми і відбувається направлене тверднення.

1.2 Виготовлення виливків литтям під тиском

Лиття під тиском – це високопродуктивний процес отримання деталей з рідкого сплаву під великим тиском (від 30 до 150 МПа). Метод дозволяє отримати виливки складної форми, які майже не потребують подальшої механічної обробки.

Переваги лиття під тиском:

- висока точність і повторюваність;
- гладка поверхня виробу;
- мала кількість відходів;
- висока щільність та міцність виливків.

Суть полягає в тому, що метал під тиском запресовується у металеву прес-форму. Це усуває можливість появи дефектів. Виливки не потребують механічної обробки.

					БР 2517.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		8

Литтям під тиском одержують складні тонкостінні виливки з кольорових сплавів.

1.3 Ливарні сплави. Загальні вимоги і застосування

Ливарне виробництво є основною заготовчою базою машинобудування. Його доля 50...70 % маси і до 20 % вартості машини.

З точки зору технології кольорові сплави поділяють на дві великі групи – деформівні і ливарні. До них висувають наступні вимоги:

- їх хімічний склад повинен забезпечувати необхідні властивості;
- структура повинна залишатися стабільною;
- сплав повинен володіти хорошими ливарними властивостями;
- легко оброблятися різанням і добре зварюватися;
- забезпечувати технологічність в різних умовах серійності;
- відходи при повинні бути мінімальними.

1.3.1 Характеристика ливарних латуней

Для відливок з мідних сплавів часто застосовують латуні оскільки вони володіють кращою рідкотекучістю і значно меншою усадкою.

Легування Al чи Si підвищує жаротекучість, корозійну стійкість, механічні властивості сплавів. Алюміній та кремній підвищують здатність латуней до газонасичення та виникнення пористості. Залізо та марганець покращують механічні властивості латуней, але знижують рідкотекучість. Олово, покращуючи механічні властивості, не створює впливу на їх ливарні властивості.

Марганцеві латуні застосовують для жаростійких та корозійно – стійких відливок;

Часто для лиття під тиском використовують свинцеву латунь ЛЦ40Сл (ГОСТ 17711-80), що містить 58...61 % Cu та 0,8...2,0 % Pb. Вона добре обробляється різанням. З неї виготовляють деталі газової, санітарної,

					БР 2517.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		10

гідравлічної і пневматичної апаратури (втулки, перехідники, сепаратори підшипників), працюючих в середовищі повітря і прісної води.

Основні фізико-механічні властивості латуней наведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад і механічні властивості латуней

Марка сплаву	Стандарт	Основні елементи, % (решта – Zn)				σ_B , МПа	δ , %	НВ
		Cu	Si	Al	Pb			
ЛЦ 16 К4	ГОСТ 17711- 80	78-81	0,3-4,5	-	-	300	15	-
ЛЦ 40С		57-61	-	-	0,8-2	200	20	100
CuZn 15Si4	Ст. DIN	78,5-82	4-4,8	-	0,6	550 280-	8	125
CuZn 37 Рв	1709-73	59-62	0,03	0,4-1	0,7-2,2		4	75
CuZn 25 Al 5 (ФРН.)		60-66	4-4,8	4,1	0,1		-	-
C 87 800	ASTM 176-76 (США.)	80-83	3,75- 4,25	0,15	0,15	585	25	85-90
C 87 900		63-67	0,75- 1,25	0,15	0,25	480	25	68-72

1.3.2 Взаємодія міді з легуючими елементами

Мідь утворює безперервні тверді розчини з сусідніми елементами: золотом, нікелем, паладієм, платиною, а також з марганцем.

Розчинність легуючих елементів підгруп ІВ–VВ в міді зменшується із збільшенням валентності. В міді розчиняється: 39 % Zn, 20 % Ga, 12 % Ge, 6,7 % As (рисунок 1.2).

Максимальна розчинність легуючих елементів в міді відповідає приблизно одній і тій же електронній концентрації, рівній 1,4.

У всіх системах ГЦК гратки α -фази на основі міді змінюються β -фазою з ОЦК гратками (рисунок 1.2).

Аналіз цих закономірностей показує, що рівновага α - і β -фаз визначається електронною концентрацією.

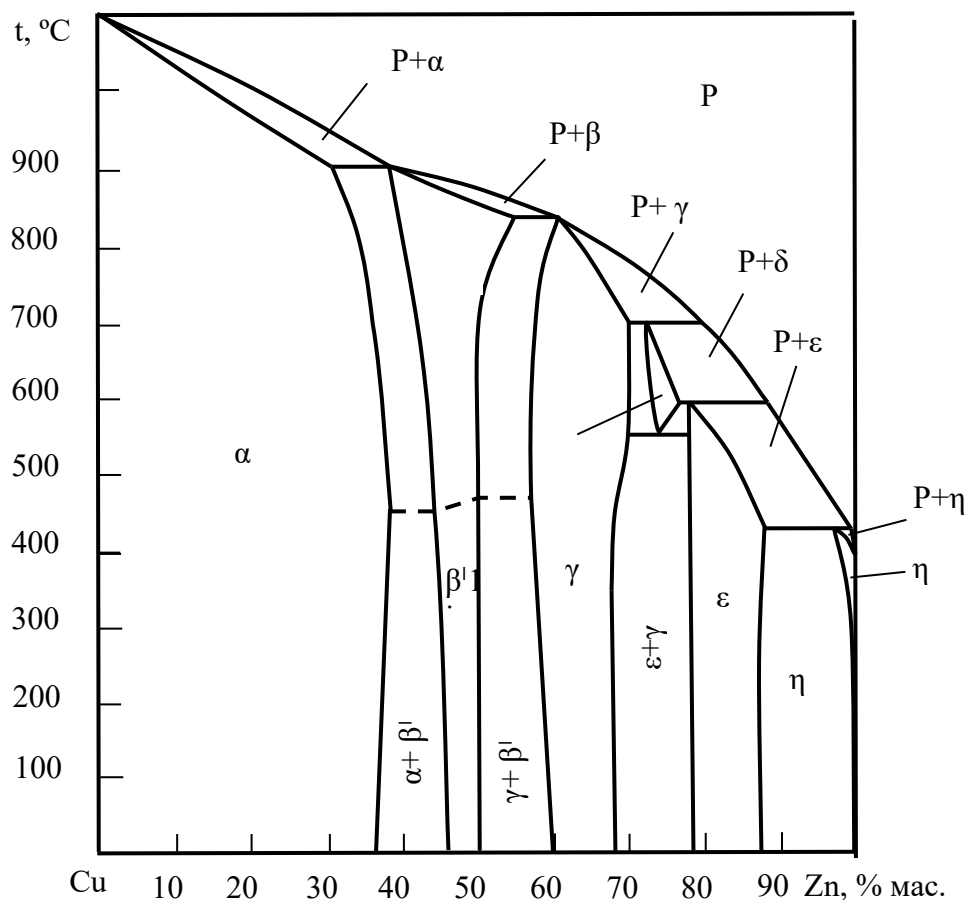


Рисунок 1.2 – Діаграма стану Cu – Zn

Є три типи електронних сполука:

- з'єднання типу β -латуні з електронною концентрацією $3/2$;
- з'єднання типу γ -латуні з електронною концентрацією $21/13$;
- з'єднання типу ϵ -латуні з електронною концентрацією $7/4$.

Класичним представником з'єднання з електронною концентрацією $3/2$ є з'єднання CuZn, яке називають β -латунями (рисунок 1.2).

До цього ж типу сполука відносяться CuBe, Cu₃Al, Cu₃Si, Cu₅Sn і ряд інших.

З'єднання типу γ -латуні, що утворюються при електронній концентрації 21/13, мають складні кубічні ґрати з 52 атомами на елементарну комірку. До таких сполук відносяться Cu_5Zn_8 , Cu_5Cd_8 , Cu_9Ga_4 , $\text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$.

Електронні з'єднання типу ϵ -латуні, що утворюються при електронній концентрації 7/4, мають щільноспаквану гексагональну структуру. До цих електронних сполук відносяться CuZn_3 , Cu_3Ge , Cu_3Sn , Cu_3Sb .

1.4 Порівняльна характеристика матеріалів прес-форм

Стійкість залежить від дуже багатьох факторів: конструкції виливків і прес-форм, технологічних умов експлуатації тощо.

Часто при виборі нових матеріалів або режимів термічної обробки керуються твердістю або межею міцності при нормальній температурі.

При виготовленні вкладишів прес-форм для лиття під тиском застосовують сталі: 3Х2В8Ф (для виливків зі сплавів на мідній основі), 4ХВ2С (для виливків зі сплавів на алюмінієвій і магнієвій основах), 4Х8В2 (для виливків з кольорових сплавів).

Підвищений вміст вуглецю знижує пластичність сталі Вольфрам, ванадій, хром і вуглець знижують теплопровідність сталі.

1.5 Види браку і контроль якості виливків

Брак виливків буває виправний і невиправний. Виливки з невиправним браком переплавляють, виправний брак усувають. Якісний відливок має однорідну, суцільну поверхню без дефектів. Не кожен дефект дає брак виливкові. Брак – це тільки ті дефекти, які знижують службові

Основними видами браку є:

					БР 2517.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		13

– газові раковини – пузири повітря або газів у тілі виливка. Утворюються при недостатній газопроникності суміші. Щоб запобігти цьому виду браку варто зменшити діаметри камери пресування; використовують машину з горизонтальною камерою; збільшити січення вентиляційних каналів.

В зламі або розрізі виливка помічають:

- піщані та шлакові раковини;
- усадочні раковини (рисунок 1.3). Вони зазвичай утворюються за наявності значних потовщень у виливку.



Рисунок 1.3 – Усадочні раковини, що утворилися при литті під тиском

Вони з’являються через надмірну усадку сплаву; охолодження виливка в зоні невисоких температур і тому мають світлу поверхню, а також при неправильному підведенні металу до форми.

Усадочні раковини візуально чи рентгенографією, при механічній обробці:

- холодні тріщини – розриви тіла виливка значної довжини (рисунок 1.4). Утворюються при охолодженні виливка в зоні невисоких

					БР 2517.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		14

температур і тому мають світлу поверхню. Причина – неоднакова швидкість охолодження різних перерізів вилівка.

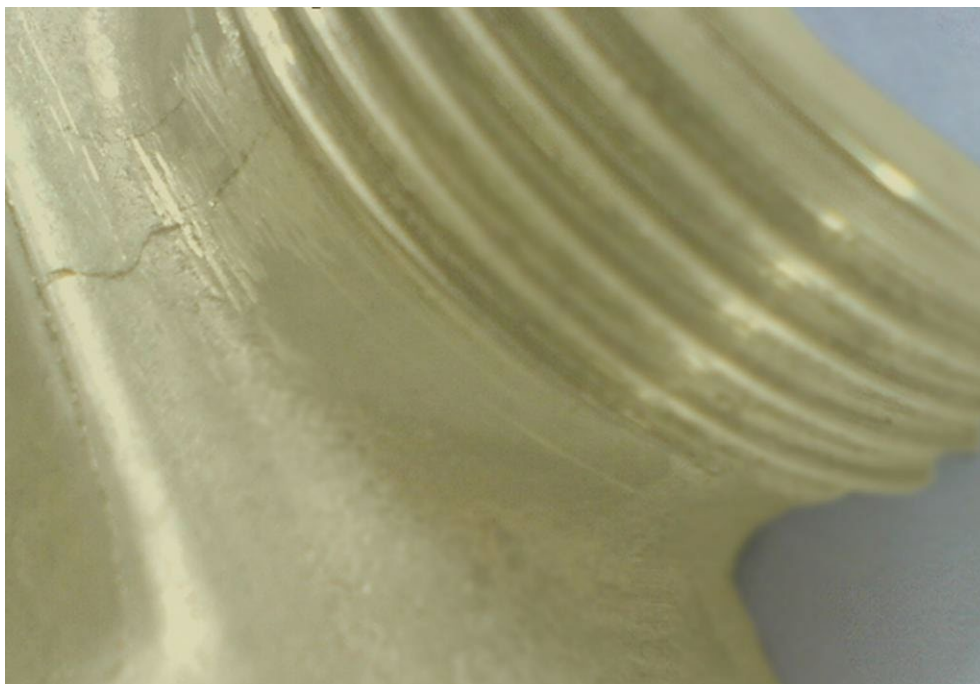


Рисунок 1.4 – Холодні тріщини, що утворюються при литті під тиском

– гарячі тріщини – розриви тіла вилівка незначної довжини. Утворюються при високих температурах і тому мають темну окислену поверхню. Причина – недостатня піддатливість стрижнів і форми або недостатня витримка вилівка у формі;

– наскрізні тріщини – несучільності по всьому перетину деталі. Виявляються візуально;

– недоливи – неповна форма деталі внаслідок нестачі рідкого сплаву, переривання струмю чи низької рідкотекучості. Причина – недостатня рідкотекучість металу, низька температура заливання, недостатній переріз живильників, недостатня кількість металу. Міри попередження – збільшити температуру заливки і нагріву прес-форми, підвищити швидкість пресування і випуску;

					БР 2517.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		15

– вириви – не суцільність поверхні виливка. Найчастіше причиною є недостатньо нагріта прес-форма.

Багато дефектів виливок виникає через непридатність обраних сплавів для лиття під тиском.

Брак виливків виправляють наплавленням, заварюванням, забиванням замазками, просоченням.

1.6 Мета і задачі кваліфікаційної роботи

Метою кваліфікаційної роботи є укладання технології виготовлення корпусу лічильника витрати води з проектуванням штампа для лиття під тиском.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- дослідити вплив матеріалу на довговічність прес-форм;
- встановити причини виникнення браку при литті корпусів лічильників води;
- укласти технологію виготовлення корпусу лічильника витрати води;
- спроектувати штамп для лиття під тиском;
- вжити необхідні заходи з охорони праці.

					БР 2517.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		16

РОЗДІЛ 2

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Характеристика об'єкту дослідження

Об'єкт дослідження – корпус лічильника холодної та гарячої води КВ-1,5 ТУ У 3.48-00225644-017-94 (рисунок 2.1), технологія його виготовлення та матеріали прес-форм для лиття під тиском даної деталі.

Лічильник води призначений для вимірювання об'єму гарячої чи холодної води в системах водопостачання і. Максимальний тиск при вимірюванні – 1 МПа. Лічильники відповідають ISO 4064-1:1993(E). Основні характеристики наведені у таблиці 2.1.



Рисунок 2.1 – Лічильник води КВ-1,5

Лічильник холодної та гарячої води КВ-1,5 може встановлюватись на горизонтальній ділянці труби з горизонтальним чи вертикальним розташуванням циферблата, а також, на вертикальних ділянках трубопроводу.

Лічильник під'єднується до трубопроводів з діаметром труб 1,5 дюйма, або до двохдюймових труб через відповідний перехідник. До

					БР 2517.00.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

більших діаметрів труб під'єднання лічильника не рекомендується, оскільки з'являється значна турбулентність потоку води, яка спотворює покази лічильника у бік їх завищення.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики лічильника холодної та гарячої води КВ-1,5 ТУ У 3.48-00225644-017-94

Характеристика	Значення	
	вертикальне розташування лічильника	горизонтальне розташування лічильника
Діаметр умовного проходу (номінальний розмір)	DN15	
Діапазон робочих температур вимірювання води, °С		
холодної	від 5 до 30	
гарячої	від 30 до 90	
Метрологічний клас	А	
Витрата води, м ³ /год		
мінімальна, Q_{\min}	0,06	0,03
перехідна, Q_t	0,15	0,12
номінальна, $Q_{\text{ном}}$	1,5	
максимальна, Q_{\max}	3,0	
Найбільший об'єм за добу, м ³	37,5	
Межі допустимої відносної похибки, %		
в полі витрат від Q_{\min} до Q_t	±5	
в полі витрат від Q_t до Q_{\max}	±2	
Втрата тиску, МПа, не більше	0,1	
Матеріал корпусу	латунь	

2.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

Технологічність деталей оцінюють за формулою:

$$K_T = \frac{\sum_{i=1}^n K_i}{n}, \quad (2.1)$$

де K_i – i -й показник технологічності;

n – число показників технологічності, $n = 8$.

Показники технологічності K_i приведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 Показників технологічності K_i

Найменування показника	Позначення показника
Показник складності форми виливок	Кс.в
Показник рівномірності товщини стін	Кр.с
Показник співвідношення ребер жорсткості до тіла виливок	Кр.ж Кв.м
Показник використання матеріалу	Кл.р
Показник складності лінії роз'єму	Кн.з
Показник направленої затвердіння	Кн.п
Показник наявності підвнутрішніх	Кзб
Показник технологічності в зборі	

Показник складності форми Ксв.

Цей показник рівний:

$$K_{CB} = \frac{24}{h}, \quad (2.2)$$

де h – кількість поверхонь відливки.

Значення показника рівномірності товщини стін Кр.с.

Визначаємо його по таблиці 2.3

$$\frac{S_{\max}}{S_{\min}}, \quad (2.3)$$

де S_{\max} – найбільша товщина стіни деталі, мм.

Таблиця 2.3

S_{\min} – найменша товщина стіни деталі, мм. Значення $\frac{S_{\max}}{S_{\min}}$ при литві під тиском	Значення Кр.с
Від 1,00 до 1,10	1,00
Від 1,11 до 1,60	0,90
Від 1,61 до 2,10	0,80
Від 2,11 до 2,50	0,70
Понад 2,50	0,00

Значення показника співвідношення ребер жорсткості $K_{р.ж}$

Значення $K_{р.ж}$. визначаємо за таблицею 2.4 залежно від відношення (2.3).

Показник використання металу $K_{в.м.}$:

$$K_{в.м.}^n = \frac{M_d}{M_o}, \quad (2.3)$$

де M_d – маса деталі, кг;

M_o – маса виливок без литникової системи, кг.

Таблиця 2.4

Значення $\frac{S_p}{S_{ст}}$			Значення Кр.ж
Литво в кокіль	Литво під тиском	Литво по моделях, що виплавляються	
Менше 0,72	Менше 0,76	Менше 0,67	0,00
Від 0,72 до 0,88	Від 0,76 до 0,94	Від 0,67 до 0,83	1,00
Понад 0,88	Св. 0,94	Св. 0,83	0,00

Значення $K_{и.м}^n$ визначаються за таблицею 2.5.

Таблиця 2.5 – Показника використання металу

Вид сплаву	Спосіб виготовлення випуск	Величина	Значення Кв.м
Сплави на основі міді	Під тиском	Від 0,90 до 1,00	1,00
		Від 0,85 до 0,89	0,90
		Від 0,80 до 0,84	0,80
		Від 0,75 до 0,79	0,70
		До 0,75	0,00

Показник $K_{л.р}$ визначається за формулою:

$$K_{л.р} = 1 - 0.1 \cdot m, \quad (2.4)$$

де m – кількість площин роз'єму.

Показник направленої затвердіння $K_{н.з}$.

Для випуск, виготовлених під тиском, коефіцієнт $K_{н.з}$ приймається рівним 1.

Показник $K_{н.п}$ визначається за даними табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Значення показника наявності підвнутрішніх

Метод лиття	Значення показника $K_{н.п}$			
	За відсутності тінювих ділянок	На зовнішній поверхні	На внутрішній поверхні	На зовнішній і внутрішній поверхні
Під тиском	1,00	0,70	0,00	0,00

Нормативи показників технологічності випуск

Розрахований показник K_T порівнюється з допустимим $[K_T]$. Якщо виконується умова, $K_T \geq [K_T]$ то вважають, що конструкція даної деталі технологічна. Значення $[K_T]$, визначальні спосіб виготовлення випуск залежно від виду сплаву, приведена в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7

Вид сплаву	Спосіб виготовлення виливок	Величина нормативу
На основі міді	Під тиском	0,74

Проведемо розрахунок комплексного показника технологічності.

Вимагається визначити комплексний показник технологічності виливки (рисунок 2.2). Початкові дані представлені в табл. 2.8.

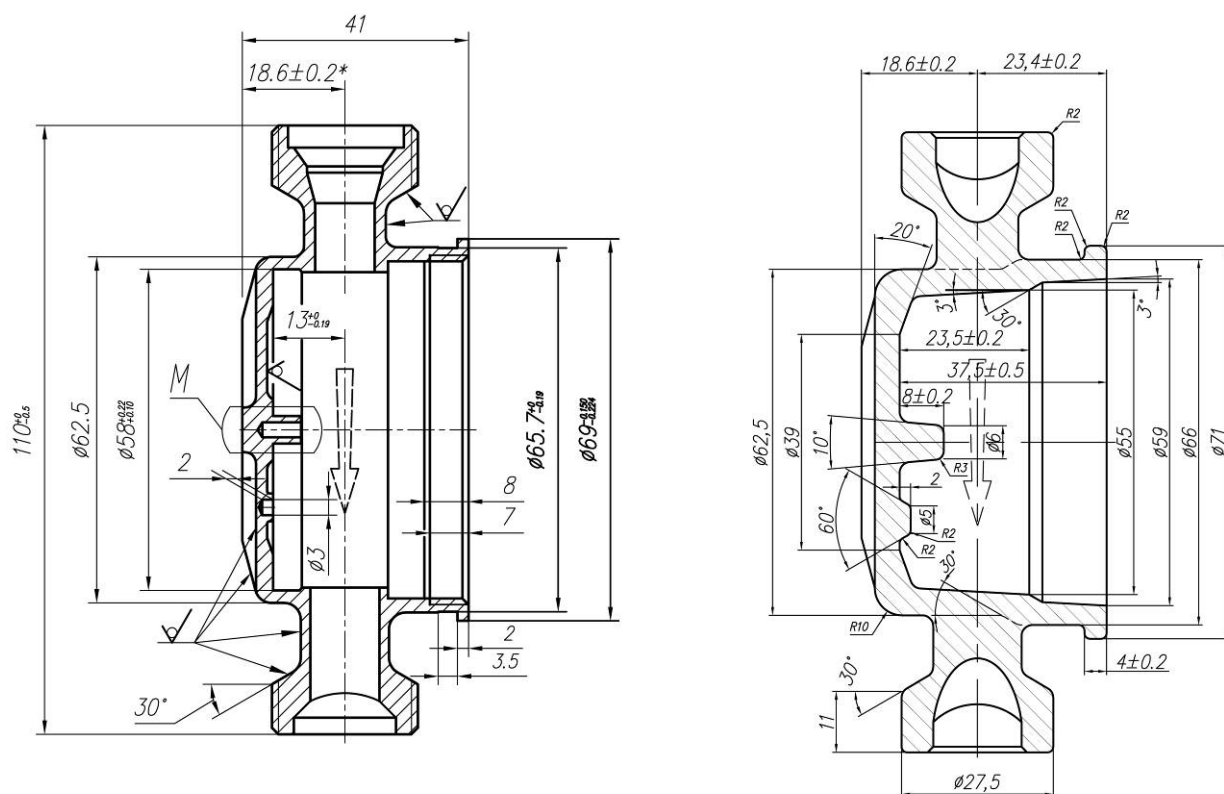


Рисунок 2.2 – Ескіз виливка корпусу лічильника води

Таблиця 2.8 – Дані розрахунку комплексного показника технологічності

Найменування	Позначення	Значення
1	2	3
Матеріал		A8
Передбачуваний спосіб лиття		Під тиском
Кількість поверхонь, шт.	n	14
Найбільша товщина стінки, мм	S_{max}	12
Найменша товщина стінки, мм	S_{min}	2,0

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

Продовження таблиці 2.8

1	2	3
Товщина основи ребра, мм	S_p	3,0
Товщина стінки біля ребра, мм	$S_{ст}$	4,0
Маса деталі, кг	M_d	0,164
Маса виливок без ливникової системи, кг	M_B	0,172
Кількість площин роз'єму	m	1

Значення показника складності форми виливок $K_{с.в}$:

$$K_{с.в} = \frac{24}{14} = 2.$$

Відповідно до виноски 1 приймаємо $K_{с.о}=1,00$.

Показник рівномірності товщини стіни:

$$\frac{S_{\max}}{S_{\min}} = \frac{12}{2} = 6.$$

За таблицею 2.3 знаходимо значення показника рівномірності товщини стінок, яке рівно 0,00.

Для визначення значення показника співвідношення ребер жорсткості до тіла виливок визначаємо величину співвідношення:

$$\frac{S_p}{S_{ст}} = \frac{3,0}{4} = 0,75.$$

Відповідно до таблиці 2.4 $K_{р.ж}=0,0$.

Коефіцієнт використання матеріалу $K_{в.м}^n$:

$$K_{в.м}^n = \frac{0,164}{0,172} = 0,95.$$

За таблицею 2.5 значення $K_{в..м}=1$.

Оскільки у нас одна лінія роз'єму – то $K_{л.р}=1,0$.

У зв'язку з відсутністю теплових вузлів у виливку, значення показника направленою затвердіння $K_{н.з}=1,00$.

					БР 2517.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

У зв'язку з відсутністю піднутринь приймаємо $K_{н.п}=1,00$.

Комплексний показник технологічності конструкції виливок КТ, визначуваний як сукупність приватних показників технологічності:

$$K_T = \frac{1,00 + 0,00 + 0,0 + 1,0 + 1,0 + 1,0 + 1,0 + 1,0}{8} = 0,75.$$

Значення КТ, рівне 0,75 свідчить, що деталь може бути виготовлена литвом під тиском.

2.3 Технологічне застосування дегазаторів, флюсів та ріфінуючих добавок

При литві мідних сплавів на ПАТ ЕТМ широко застосовують багатофункціональний порошкоподібний флюс Probat Fluss Extra NS.

Основне призначення даного флюсу – очищення розплаву від неметалевих включень, захисту поверхні розплаву від окислення та попередньої дегазації. При цьому утворюється сухий шлак з низьким вмістом металу, що сприяє зменшенню втрати металу на угар і, головне шлак не прилипає до стінок тигля або до футерування печі.

Оскільки досить часто сировина для отримання корпусів лічильників води має вторинне походження, вона часто буває забрудненою сіркою, причому рівень забрудненості значно відрізняється навіть в межах однієї партії. Оскільки сірка є шкідливою домішкою, для її видалення використовуємо флюс Probat Fluss Extra SE, який крім видалення сірки виступатиме, також, і як дегазатор. Тому потреба у використанні флюсу Degasal T200 відпадає. Головне не слід прибирати шлак з поверхні розплаву до закінчення дії флюсу Probat Fluss Extra SE.

Досвід вітчизняних підприємств, що використовують Probat Fluss Extra NS при виробництві латунного литва показує, що разом з низькими втратами при плавці і витримці розплаву, при литві зменшується брак з

					БР 2517.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		24

причини газових раковинах після механічної обробки в два рази. Крім того, цей флюс оберігає поверхню розплаву від окислення.

Спосіб застосування Probat Fluss Extra NS: температура сплаву повинна бути не нижче за 920...930 °С. Як правило, температура визначається технологічними особливостями виробництва. Препарат вводиться з розрахунку 0,5 % від маси шихти в процесі плавлення так, щоб рівномірно розподілений по поверхні розплаву шар препарату герметизував його. Після закінчення плавлення металу, але до розплавлення шлаку, внести флюс додатково, потім ретельно перемішати з шлаком і видалити перед зливом металу. Шлак видаляти безпосередньо перед зливом металу. Персонал, який виконує фасовку препарату, повинен користуватися респіраторами, оскільки при роботі з ним утворюється пил. Норма витрати залежить від початкової чистоти розплаву. В середньому на тонну розплаву вноситься 1...2 кг препарату.

Спосіб застосування Probat Fluss Extra SE: температура початку реакції вище 800 °С. Препарат вводиться в розплав за допомогою зануреного дзвоника. Опустивши препарат на дно розплаву, бажано зробити декілька обертальних рухів дзвоником, для того, щоб більш рівномірно обробити весь об'єм розплаву. Дзвоник необхідно тримати в зануреному стані, поки продовжується вирувати метал. Витрата становить 0,2 % від маси металу.

Отже, при застосуванні Probat Fluss Extra NS відсоток браку зменшується до 7 %, а завдяки сумісному застосуванню з Probat Fluss Extra SE, зменшується в середньому до 3,5...4 %.

2.4 Технологічні особливості лиття під тиском

Тиск пресування залежить від товщини стінки вилівка, його розмірів і конфігурації, хімічного складу сплаву. Для зменшення усадкової пористості важливо здійснення підпресовування в кінцевий момент пресування, для

					БР 2517.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

чого використовують механізми пресування з мультиплікацією (посиленням) тиску на розплав в камері пресування машини. Приймають два варіанти таких конструкцій. У першому випадку тиск пресування збільшується завдяки додатковому гідроциліндру. Поршень у момент закінчення заповнення прес-форми висувається в запоршневий простір основного циліндра механізму пресування на деяку величину і збільшує тиск p робочої рідини на пресовий поршень і відповідно на розплав в камері пресування, дякуючи чому він поступає в порожнину форми.

У другому випадку застосовують подвійний пресуючий поршень. До моменту утворення скориночки металу на стінках камери пресування обидва плунжери переміщаються разом, а потім після зупинки плунжера продовжує рухатися плунжер і тиск на розплав збільшується [18].

2.5 Операції, які здійснюють після виливання виливка

Після витягання виливка спеціальним пристроєм з прес-форми його опускають у тару з водою кімнатної температури для охолодження, далі відламують ливникову систему.

Далі проводять візуальний контроль якості поверхні виливка. Далі виливок проходить контроль на виявляються дефектів: тріщини, раковини, холодні спаї, шлакові включення, вириви та лінійних розмірів. Цьому контролю підлягають виливки в кількості 1 % від змінного випуску, але не менше 5 штук.

2.6 Опис існуючого варіанту технологічного процесу

005 Плавильна

					БР 2517.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		26

Перевірити справність печі, стан тигля. При виявленні несправності повідомити майстра чи механіка цеха.

Для печі плавильно-тигельної газової: ввімкнути газ і нагріти тигель до температури 830...850 °С (світло-червоний колір).

Завантаження шихту в тигель.

Довести температуру до 920...930 °С.

Перемішати розплав і зробити вікно для його відбору, знявши шлак з однієї сторони ванни.

010 Ливарна

Перевірити справність машини на холостому ходу, при виявленні несправності повідомити майстра чи механіка цеха.

Встановити час витримки (кристалізації) вилівка в прес-формі – 6...10 с.

Відрегулювати зусилля пресування та швидкість ходу плунжера 1 м/с. Тиск азоту в акумуляторах 80...900 ат.

Перевірити рух всіх частин прес-форми на ручному керуванні. При виявленні несправності повідомити майстра чи механіка цеха.

Ввімкнути подачу води для охолодження прес-форми і наконечника плунжера. Система охолодження повинна бути герметичною.

Розтопити мастило Trennex W8000 (розведене водою у співвідношенні 1:100) на робочі поверхні прес-форми на протязі 5...7 с, особливо ретельно зробити знаки. Періодичність змащування – після кожного запресування.

Змастити зовнішню поверхню наконечника плунжера мастилом Trennex Automatic 899. Періодичність – кожні 3...5 запресувань. Мастило наносити тонким рівномірним шаром.

Закрити прес-форму. Наповнити сухий розливний ківш металом та залити в камеру пресування. Температура розливу 930...930 °С. Маса металу, що заливається, – 0,384 кг. Ківш ставити на спеціальну підставку, щоб уникнути його забруднення.

					БР 2517.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Провести запресування розплаву.

Після витримки та розкриття прес-форми вийняти виливок.

Почистити прес-форму по площині роз'єму від можливих залишків металу. Особливу увагу приділяти вентиляційним каналам, промивникам.

Продути камеру пресування та плунжер до патрубків водяного охолодження.

015 Механічна

Відламати ливникову систему виливка.

Провести візуальний контроль якості поверхні виливка на відповідність взірцю та покласти в тару.

020 Контрольна

Візуально перевірити якість поверхні виливка на відповідність взірцю.

Контроль лінійних розмірів на відповідність їх кресленню виливка

Проектний технологічний процес виготовлення кільця різьбового наведено в додатку

2.7 Аналіз проектного варіанту технологічного процесу

005 Плавильна

Перевірити справність печі, стан тигля. При виявленні несправності повідомити майстра чи механіка цеха.

Для печі плавильно-тигельної газової: ввімкнути газ і нагріти тигель до температури 830...850 °C (світло-червоний колір).

Завантаження в тигель шихту з додаванням Probat Fluss Extra NS (60% від наважки).

Довести температуру до 920...930 °C.

Перемішати розплав, ввести в розплав за допомогою дзвіночка Probat Fluss Extra SE, витримати протягом 3 хв., ввести решту флюсу Probat Fluss

					БР 2517.00.00.000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Extra NS, витримати 3 хв. і зробити вікно для його відбору, знявши шлак з однієї сторони ванни.

010 Ливарна

Перевірити справність машини на холостому ходу, при виявленні несправності повідомити майстра чи механіка цеха.

Встановити час витримки (кристалізації) вилівка в прес-формі – 6...10 с.

Відрегулювати зусилля пресування та швидкість ходу плунжера 1 м/с. Тиск азоту в акумуляторах 90...100 ат.

Перевірити рух всіх частин прес-форми на ручному керуванні. При виявленні несправності повідомити майстра чи механіка цеха.

Ввімкнути подачу води для охолодження прес-форми і наконечника плунжера. Система охолодження повинна бути герметичною.

Розтопити мастило Trennex W8000 (розведене водою у співвідношенні 1:100) на робочі поверхні прес-форми на протязі 5...7 с, особливо ретельно зробити знаки. Періодичність змащування – після кожного запресування.

Змастити зовнішню поверхню наконечника плунжера мастилом Trennex Automatic 899. Періодичність – кожні 3...5 запресувань. Мастило наносити тонким рівномірним шаром.

Закрити прес-форму. Наповнити сухий розливний ківш металом та залити в камеру пресування. Температура розливу 920...930 °С, маса металу, що заливається, 0,36 кг. Ківш ставити на спеціальну підставку, щоб уникнути його забруднення.

Провести запресування розплаву.

Після витримки та розкриття прес-форми вийняти вилівок.

Почистити прес-форму по площині роз'єму від можливих залишків металу. Особливу увагу приділяти вентиляційним каналам, промивникам.

Продути камеру пресування та плунжер до патрубків водяного охолодження.

					БР 2517.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

015 Механічна

Відламати ливникову систему виливка.

Провести візуальний контроль якості поверхні виливка на відповідність взірцю та покласти в тару.

020 Контрольна

Візуально перевірити якість поверхні виливка на відповідність взірцю.

Контроль лінійних розмірів на відповідність їх кресленню виливка.

2.8 Методика проведення металографічних досліджень

Механічні випробування не можуть дати повної картини про якість термічної обробки. Тому проводимо макро- та мікроаналіз.

Макрошліфи – це спеціально підготовлені зразки металу для дослідження неозброєним оком чи через лупу при невеликих збільшеннях (до 30 разів). За їх допомогою досліджують структуру зливків металу. Вивчаються форма та розміри усадочних раковин, підусадочна крихкість, підіркові пузири, ліквацийні зони та кристалічні зони зливка.

Мікроаналіз даних шліфів проводився за допомогою металографічного дослідницького мікроскопа МЕТАМ РВ-22. Дослідження на мікроскопі проводилися у світловому полі при прямому освітленні.

Оптична система мікроскопа складається з трьох основних систем: освітлювальної, спостережувальної і фотографувальної.

Для дослідження даних зразків їх кладемо на предметний столик на який ложимо металевий вкладиш відповідний розмірам зразка. Обертанням гвинтів столик переміщуємо у двох взаємно перпендикулярних напрямках. Підйом предметного столика здійснюють поворотом рукоятки на себе до упора. Зразок кріпимо на столику за допомогою затискачів. Зазвичай спочатку спостерігаємо структуру збільшуючи її у 100 разів, потім – в 400. При цьому спостерігаємо структуру дрібнозернистих складових.

					БР 2517.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		30

РОЗДІЛ 3

Дослідна частина

3.1 Оптимізація матеріалу корпусу лічильника води

3.1.1 Особливості структури свинцевої латуні

З мідних сплавів латунь отримала найбільш широке розповсюдження завдяки поєднанню високих механічних і технологічних властивостей. Структура і властивості латуні визначаються діаграмою стану Cu – Zn. В системі Cu – Zn (див. рис.) є п'ять перитектичних перетворень, в результаті яких утворюються п'ять фаз (β , γ , δ , ϵ і η). Розчинність цинку в міді дуже велика і знаходить незвичну температурну залежність: з пониженням температури ця розчинність зростає і складає 32,5% (за масою) при 902 °C і 39 % (за масою) при 454 °C. З подальшим пониженням температури розчинність цинку в міді дещо зменшується (до 36 % при кімнатній температурі).

Стійкість проміжних фаз β , γ , δ визначається електронними концентраціями. Основу β -фази складає з'єднання CuZn з електронною концентрацією 3/2. Фаза β при достатньо низьких температурах набуває впорядковану структуру.

В основі γ - і ϵ - фаз лежать електронні з'єднання Cu_5Zn_8 і $CuZr_3$ з електронними концентраціями 21/13 і 7/4 відповідно.

Із збільшенням вмісту цинку в латуні зростають міцність і відносне видовження. Така закономірність незвична: як правило, збільшення міцності супроводиться зменшенням пластичності. Відносне видовження досягає максимального значення при 30...32 % Zn, а потім різко зменшується, особливо коли з'являється β - фаза. Тимчасовий опір розриву зростає до 45...47% Zn, але як тільки β -фаза повністю змінює α -фазу, він різко знижується.

					БР 2517.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

Латунь із структурою α -фази пластична, відрізняються високою технологічністю і легко піддаються гарячій і холодній обробці тиском.

Стабільна при високих температурах β - фаза дуже пластична, а якщо утворюється з неї при охолодженні β' - фаза з впорядкованою структурою, навпаки, крихка. Тому пластичність β -латуні з β' -структурою при кімнатній температурі дуже мала, і при змісті близько 50 % Zn і більш вони не піддаються холодній обробці тиском. Із вказаних вище причин в промисловому масштабі застосовують лише α - і $(\alpha+\beta)$ - латунь.

Негативна властивість, латуней також їх схильність до мимовільного корозійного розтріскування, яке відбувається у вологій атмосфері при збереженні в металі після деформації залишкових напружень. Розвитку розтріскування сприяє присутність в атмосфері слідів аміаку, аммонійних солей, сірчистих газів. Це явище називають ще сезонною хворобою, оскільки воно частіше всього відбувається навесні і восени, коли вогкість повітря підвищена.

Розтріскування відбувається переважно із за корозії латуні по межах зерен в зоні нерівномірного розподілу залишкових напружень. Це явище спостерігається в латуні, що містить більше 20 % Zn.

Така ситуація спостерігається при виготовленні виливків зі сплаву ЛЦ40С. Згідно діаграми стану Cu – Zn також відноситься до двофазних латуней із структурою $(\alpha+\beta)$. Однак недоліком деталей (фільтр осадовий) виготовлених з приведеної марки сплаву є наявність значної кількості пор, що призводить до негерметичності виливок і як наслідок до значної кількості браку (до 10 %).

Мікроструктурним аналізом зразків вирізаних з корпусу лічильника води встановлено наявність пор у приповерхневій зоні виливка. При тому пори змінюють свої розміри від декількох мікрон (рис. 3.1, а) до критичних розмірів у декілька міліметрів (рис. 3.1, б). Підвищення кількості пор

					БР 2517.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		32

спостерігається з підвищенням вологості повітря, що спостерігається при дощовій погоді.



а



б

Рисунок 3.1 – Пори в сплаві ЛЦ40С . $\times 120$. Нетравлено:
а – поява дрібних пор; б – пори критичних розмірів

					БР 2517.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Аналіз літературних даних показав [25...30], що пористість у латуні обумовлена наявністю кисню. Кисень присутній в міді у вигляді закису Cu_2O , який дає з нею евтектику при 3,4 % Cu_2O або 0,39 % O_2 . Температура плавлення евтектики в цій системі (1065 °С). Розчинність кисню в міді мала і складає при 1065 °С усього 0,011 % (за масою). Тому навіть при дуже малих концентраціях кисню в міді з'являється евтектика $\text{Cu}+\text{Cu}_2\text{O}$. Закис міді Cu_2O несприятливо впливає на пластичні властивості, технологічність, корозійну стійкість сплаву при роботі у середовищі, що містить водень, атоми водню дифундують в мідь і реагують із закисом міді, утворюючи усередині металу пари води високого тиску, що викликає руйнування міді. Це явище називають водневою хворобою.

Наявність газової пористості в багатьох випадках призводить до втрати герметичності корпусів лічильників води, виготовлених із латуні ЛЦ40С. Наслідком такої ситуації є значна кількість бракованих деталей (10...18 %).

Зметою виведення кисню зі складу латуні а також захисту дзеркала металу від попадання до її складу газів з атмосфери, латунь розкислювали фосфористою міддю або CaF_2 (50 %) + NaCO_3 (50 %) в кількості – (0,04...0,08 %).

В результаті застосування флюсів із рідкого металу виводиться значна частина кисню, а на поверхні металу утворюється шар шлаку, що захищає рідкий метал від летючості цинку і як наслідок окислення.

Наслідком застосування такої технології є значне зменшення вмісту шкідливої домішки кисню, що є причиною утворення значної кількості браку.

В результаті розкислення кількість браку пов'язана з порами зменшилась до 3...5 %.

Мікроскопічними дослідженнями протравлених мікро шліфів дослідних зразків підтверджено, що структура латуні ЛЦ40С складається із

					БР 2517.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

α та β - фаз і містить третю фазу у вигляді вільних включень свинцю. Мікроструктура двофазної латуні представлена світлими кристалами α -фази і темними кристалами β - фази, які травляться сильніше, ніж α - фази, із- за більшого вмісту в них цинку. Наявність свинцевих включень обумовлена малою розчинністю ($\approx 0,003\%$ мас.) свинцю в міді (рис. 3.2). Завдяки наявності вільних включень свинцю в складі свинцевої латуні ЛЦ40С свинцева латунь добре обробляється різанням. Ця латунь - якнайкращий матеріал для деталей, що виточуються на станках - автоматах. Тому ЛЦ40С є одним з найкращих матеріалів для деталей що виготовляються методом литва з подальшою обробкою різанням.

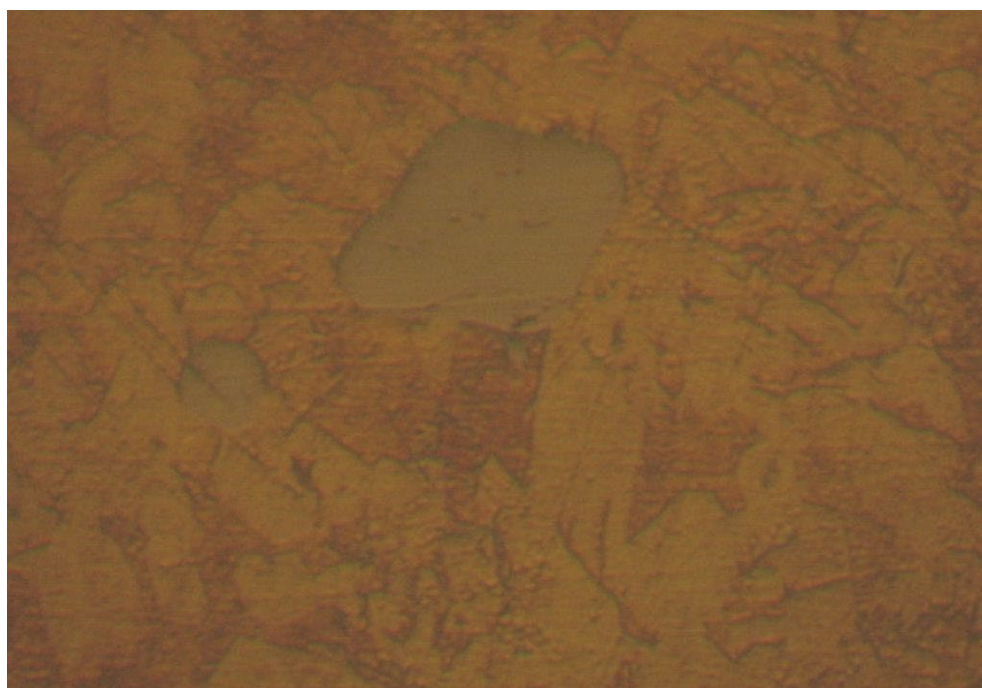


Рисунок 3.2 – Мікроструктура сплаву ЛЦ40С. х 120. Протравл.

Однак позитивний вплив свинцю на оброблюваність різанням при виготовленні деталей машинобудівного призначення в нашому випадку нівелюється областю застосування. Наявність вільних включень свинцю небажана в структурі сплаву оскільки поверхня деталі процесі експлуатації безпосередньо контактує з питною водою. Загально відомо, що свинець відноситься до групи металів, які небезпечні для здоров'я людини, тому з

					БР 2517.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

нього недопустимо виготовляти деталі, що контактують з продуктами харчування та питною водою. Виходячи з вище сказаного доцільно замінити латунь ЛЦ40С на корозієстійку марганцевисту латунь ЛМц58-2.

3.1.2 Визначення впливу марганцю на формування литої структури латуні

Для поліпшення властивостей латунь додатково легується марганцем, котрий вводять в кількостях 1...2% мас.

Введення в латуні легуючих елементів (окрім нікелю) зменшує розчинність цинку в міді і сприяє появі і збільшенню кількості β - фази. Легування латуні алюмінієм, марганцем, нікелем, оловом і кремнієм збагатило α - і β - фази легуючими елементами до тих пір, поки не буде досягнута межа розчинності. При вмісті легуючих елементів в кількостях більше їх граничної розчинності в α - і β - фазах в структурі латуні з'являються нові фази.

Тільки один елемент - нікель - збільшує розчинність цинку в міді. При введенні нікелю в ($\alpha+\beta$)- латунь кількість β - фази зменшується і при достатньому його змісті зникає зовсім; сплав стає α - латунню.

Гийе встановив, що введення в латунь вказаних вище елементів (окрім нікелю) рівноцінно підвищенню вмісту в них цинку. Їм же визначені коефіцієнти для обчислення в спеціальній латуні «уявного» вмісту цинку, при якому структура литих складних сплавів ідентична структурі литих сплавів подвійної системи Cu-Zn. Коефіцієнти Гийе відображають, якому вмісту цинку відповідає введення в мідь 1 % (за масою) легуючого елемента (табл. 3.1).

Передбачуваний за структурою вміст цинку x визначають за наступною формулою:

$$x = (Л + \sum cK) / (Л + В + \sum cK) 100\%,$$

де Л – дійсний вміст цинку в сплаві;

В – вміст міді;

					БР 2517.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

c – кількість елемента, що додається до латуні;

K – коефіцієнт Гіє.

Таблиця 3.1 – Коефіцієнти Гіє

Хім. елемент	Si	Al	Sn	Pb	Fe	Mn	Ni
K	10...12	4...6	2	1	0,9	0,5	1,4

Так, латунь ЛМц58-2 за структурою в литому стані рівноцінна латуні з наступним вмістом цинку:

$$x = ((40 + 0,5 \cdot 2) / (40 + 58 + 0,5 \cdot 2)) \cdot 100 \% = 41 \%$$

Згідно подвійній діаграмі Cu – Zn (див. рис. 1.2.), структура такої латуні повинна бути двофазною ($\alpha + \beta$). Латунь ЛМц58-2 за вмістом цинку відповідна і α та β -фаз відповідає латуні ЛЦ40С. Незначний температурний інтервал між лініями ліквідус та солідус забезпечує високі ливарні властивості. Однак особливістю цієї латуні є відсутність в структурі вільних включень свинцю. Достатньо високу оброблюваність різанням, та високу корозійну стійкість.

В загартованому стані ця латунь відрізняється високою пластичністю ($\sigma_b = 540$ МПа, $\delta = 48$ %).

Ливарна латунь широко застосовується в сучасній техніці, що пояснюється наступними причинами.

Латунь володіє невеликою схильністю до газонасичення завдяки самозахисній дії парів цинку з достатньо високою пружністю. Це забезпечує отримання щільного литва.

Латунь мало схильна до ліквідаційних явищ, оскільки ліквідус і солідус дуже близькі.

Через малий інтервал кристалізації латуні володіють доброю рідкотекучістю і невеликою усадковою розсіяною пористістю.

Спеціальні ливарна латунь відрізняється високими механічними властивостями.

Поверхня спеціальної латуні після обробки різанням, шліфовки і поліровки набувати красивий колір і блиск. На їх поверхню легко наносяться захисні і декоративні покриття.

Багато ливарної латуні володіють високими антифрикційними властивостями.

Ливарна латунь має наступні недоліки:

– при плавці втрачаються великі кількості цинку через його летючість. Для усунення цього недоліку доводиться застосовувати захисні флюси;

– при кристалізації у відливках утворюються крупні усадкові раковини, для виведення яких доводиться застосовувати великі прибутки і переводити досить багато металу у відходи;

– ливарна латунь з великою кількістю β - фази схильна до сезонного розтріскування за наявності залишкових напружень. Для усунення цього недоліку вилівки треба відпалювати при низьких температурах.

3.2 Визначення впливу окислювання та корозійних процесів на стійкість прес-форм

На підставі цих досліджень були зроблені висновки, що ставляться до стійкості прес-форм, і показане, що окислювання й корозійні процеси не роблять істотного впливу на стійкість. Автори теоретично не обґрунтували причини, що приводять до того, що менш легована сталь 4X5B2ФС має стійкість в 1,5...2 рази вище більше високолегованої сталі 3X2B8Ф. Азотування по даним закордонної технічної літератури може підвищувати стійкість прес-форм тільки при дуже тонкому шарі (не більше 0,1 мм), при більше товстому шарі термостійкість різко знижується, тобто чутливість матеріалу до тріщин збільшується. Однак автори роботи приводять дані, що показують, що зі збільшенням товщини шару- азотування з 0,1 до 0,2 мм

					БР 2517.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

стійкість підвищується. По дослідженнях, азотування знижує стійкість прес-форм у три-чотири рази.

Випробування вироблялося при виготовленні однієї й того ж вилівка за інших рівних умов. Підвищення температури загартування з 960 до 1100 °С и зняття напружень підвищує стійкість деталей прес-форми у два рази. Зняття залишкових напружень є ефективним заходом для підвищення стійкості прес-форм, не потребуючих більших витрат. Відзначимо ще раз, що найбільш ефективним заходом є виготовлення їх з високоякісних сплавів на основі молібдену й вольфраму. Для стрижнів, що виходять із ладу по налипанню й приварюванню алюмінію, доцільне застосування азотування, сульфоціанування, дифузійного хромування й борування. Хоча ці покриття й знижують термостійкість, але вони підвищують зносостійкість. Вкладиші зі сталі 3Х5МФС мали високу стійкість, але їх було випробувано мало. Подальша перевірка підтвердила, що вкладиші зі сталі 3Х5МФС мають високу стійкість, але однак потрібно більше широка перевірка її у виробничих умовах. Сталь 3Х2В8К5Ф також має високу стійкість, але її рекомендується застосовувати тільки при тяжких умовах роботи прес-форм.

На стрижні з молібдену й вольфраму мідь практично не приварюється, тому їхня стійкість і термостійкість дуже високі й перевершують стійкість стрижнів зі сталі 3Х2В8Ф у п'ять-десять разів і більше. У закордонній промисловості для прес-форм і стрижнів застосовуються сталі 4Х5МФС, 4Х5МФ1С, 4Х5МВФ тощо.

Іншим важливим напрямком підвищення стійкості прес-форм є застосування для вкладишів сплавів на основі молібдену, вольфраму, а також застосування мартенсито-старіючих сплавів. З таблиці видно, що стійкість прес-форм змінюється в широких межах, а при застосуванні сплавів на основі молібдену й вольфраму до 200 000 ц.т.

Застосування мартенсито-старіючих сталей дозволяє підвищити стійкість до 300 000 ц.т. З наведених даних видно, що найефективнішим

					БР 2517.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		39

заходом, що підвищує стійкість прес-форм, є застосування як матеріали для вкладишів сплавів на основі молібдену й вольфраму, що приводять до підвищення стійкості прес-форм у декілька разів

3.3 Вплив захисних покриттів на стійкість прес-форм

Стійкість прес-форм залежно від захисних покриттів. Руйнування прес-форм починаються з її робочої поверхні, тому що вона сприймає найвищі температури, деформації, напруження й хімічні взаємодії з рідким металом. У зв'язку із зазначеним, ще при зародженні процесу лиття під тиском почали застосовувати захисні покриття робочої поверхні рідкими мастилами. У цей час застосовуються наступні захисні покриття: хіміко-термічні, електрохімічні й хімічні покриття, металізаційні, електролітичні покриття, змащення. Зазначені заходи щодо принципу дії поділяються на постійні (хіміко-термічна обробка й термодифузійні покриття), довготривалі (хімічні й електролітичні покриття, металізація) і разові (рідкі мастила).

Фосфатування підвищує механічні властивості й стійкість прес-форм, фосфатування охороняє поверхню зразків від окислювання при високих температурах, зменшує гостроту концентратів напружень і цим сприяє збереженню властивостей сталі. Раніше вказувалося, що окислювання поверхні зразка, а отже, і прес-форми, знижує пластичність сталі.

Стійкість залежно від хіміко-термічної обробки. Хіміко-термічна обробка вкладишів прес-форм полягає в нагріванні й витримуванні їх при високих температурах в активних газах, рідких або твердих середовищах. Це приводить до зміни хімічного складу, структури й фізико-механічних властивостей поверхневого шару металу. Хіміко-термічна обробка виробляється з метою зміцнення робочої поверхні прес-форм, підвищення твердості, втомної міцності тощо.

					БР 2517.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Залежно від сполуки зовнішнього середовища хіміко-термічна обробка може супроводжуватися як збагаченням, так і збіднінням робочої поверхні тим або іншому елементу. У нашім випадку відбувається збагачення поверхневого шару азотом, сіркою, вуглецем, хромом, алюмінієм, бором і іншими елементами, що супроводжується утворенням нітридів, карбідів, боридів і інших сполук.

Хімічні сполуки, що утворюються, знижують пластичність сталі, але підвищують міцність і сам головне знижують коефіцієнт дифузії металів виливків у робочу поверхню прес-форми й охороняють її від налипання, приварювання й зношування. Хіміко-термічна обробка супроводжується трьома елементарними процесами: дисоціацією зовнішньої речовини, поглинанням робочою поверхнею прес-форми атомів (іонів) і дифузиею його в глиб тіла деталі прес-форми.

Ціанування. Залежно від сталі, позитивна дія проявляється так само, як і при азотуванні, тому висловлені області застосування для азотування справедливі й для сульфаціанування. Деякі французькі й німецькі фірми затверджують, що сульфаціанування підвищує стійкість прес-форм в 1,5 рази й більше, але наша перевірка не підтвердила цього.

При цьому отримані позитивні результати відносно стійкості, що по їхнім даним підвищується в 1,5...2 рази. Ними були розроблені технологічні інструкції з дифузійного хромування. Прес-форми, оброблені термодифузійним алітуванням, при литті латуні мали низьку стійкість, і виходили з ладу через тріщини або викрашування.

Таким чином, дослідження й практика виробництва показують, що всі види термічної і хіміко-термічної обробки при належному проведенні процесів можуть сприяти підвищенню зносостійкості стрижнів і вкладишів прес-форм, але вони знижують їхню термостійкість, збільшуючи схильність до появи сітки розпалу й тріщин. У зв'язку із цим, конструктори прес-форм при призначенні матеріалу й режиму його обробки повинні керуватися

					БР 2517.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

наступним. Якщо стрижні й вкладиші прес-форми виходять із ладу по зношуванню, то застосування азотування або інших обробок буде сприяти підвищенню їхньої стійкості.

Фосфатування застосовується для захисту робочої поверхні прес-форм від окислювання, для зниження коефіцієнта тертя й зменшення налипання. Фосфатні покриття наносяться товщиною 5...10 мкм. Крім того, фосфатні покриття зменшують гостроту концентраторів напружень, поліпшують чистоту поверхні й цим підвищують термостійкість і стійкість прес-форм на 30...50 %.

Підвищення зносостійкості при фосфатуванні пояснюють фізико-хімічною властивістю поверхонь тертя, що зменшують схильність матеріалу до "схоплювання" у точках контактування. Фосфатні покриття, які наносять на ливникові втулки прес-форм, у присутності окислювачів – нітратів кальцію, барію або цинку, підвищують їх стійкість при литті, наприклад алюмінієвих сплавів, у десятки разів. В нашому випадку присутній цинк, тому даний спосіб не може бути застосовано.

3.4 Вплив умови експлуатації на стійкість прес-форм

Температурний режим лиття включає: температуру підігріву й охолодження прес-форм перед початком і в процесі роботи, температуру рідкого металу, що надходить у робочу порожнину, а також виникаючі при кожному ливарному циклі температуру контакту й температурний перепад. Питанню регулювання температурного режиму приділяється дуже багато уваги як у вітчизняної, так і в закордонній промисловості.

У цей час для регулювання температурного режиму лиття застосовують автоматичні, напівавтоматичні й ручні пристрої. При автоматичному регулюванні підтримуються в заданих межах температура підігріву прес-форм і температура рідкого металу. При напівавтоматичному

					БР 2517.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

регулюванні регулюється температура підігріву або охолодження прес-форм. Застосування напіваавтоматичних пристроїв може привести до перегріву або переохолодження прес-форм і до одержання нестабільних значень температури контакту й температурного перепаду, а отже, нестабільної якості виливків. Ручні пристрої включають підігрівши прес-форм перед початком роботи, а також охолодження в процесі роботи.

Для підігріву прес-форм у цьому випадку часто використовується рідкий метал перших запресовувань, що може приводити до виходу прес-форм із ладу при перших запресовуваннях внаслідок утворення тріщин.

Підвищення теплопровідності металу за рахунок виготовлення злитків вакуумним або електрошлаковим переплавом приводить до підвищення теплопровідності сталі й підвищенню стійкості прес-форм. Наприклад, при литті алюмінієвих сплавів у вкладишах прес-форм зі сталі 4X5МФС, переплавлених у вакуумних печах, стійкість підвищується з 165 000 до 410 000 ц.т. Результати впливу температури підігріву на стійкість прес-форм суперечливі.

З одного боку, підвищення температури підігріву викликає підвищення температури контакту й зниження міцнісних властивостей, що сприяє зниженню стійкості, а з іншого боку, її підвищення приводить до зниження температурного перепаду, температурних напружень і деформацій, а отже, до підвищення стійкості (термостійкості). Оптимальну температуру підігріву необхідно визначати розрахунковим або досвідченим шляхом.

Оптимальна температура підігріву прес-форм для цієї сталі й умов роботи перебуває в межах 300 °С. Отримані дані справедливі для плоскої стінки, що нагрівається до більше низьких температур. У гострих кутах виникають поздовжня й поперечна деформації. Тому при випробуванні стійкості при підігріві до 400 °С довелося прес-форму із зовнішньої сторони ізолювати листовим азбестом. Для роботи прес-форми при температурі 20 °С її доводилося обдувати стисненим повітрям з боку площини рознімання й із

					БР 2517.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		43

зовнішньої сторони. Таким чином, розрахунки й досвіди показують, що температура підігріву прес-форм є дуже ефективним заходом, що підвищує стійкість прес-форм, тому зазначений резерв повинен бути використаний на кожному підприємстві.

Стійкість залежно від застосування проміжної відпустки для зняття напружень. Найважливішим технологічним заходом, що підвищує стійкість прес-форм, є своєчасне зняття залишкових напружень. З наведених даних видно, що стійкість підвищилася у два-три рази. При виборі відпустки керувалися наступними міркуваннями.

По-перше, температуру відпуску приймали на 30...50 °С нижче основної відпустки, що гарантувало збереження вихідної твердості й навіть її деяке підвищення за рахунок довідпуску й старіння. Це міркування потім підтвердилося при вимірі твердості вкладишів при кожній відпустці.

3.5 Шляхи підвищення стійкості прес-форм

Ефективним і доступним заходом запобігання робочої порожнини прес-форм від передчасного руйнування, тобто від окислювання, налипання алюмінію й окису цинку, а також від появи тріщин внаслідок гострих концентратів напружень і інших дефектів, є фосфатування. Воно може застосовуватися при виготовленні виливків із всіх сплавів у прес-формах з будь-яких сталей. Більш доцільно застосовувати звичайне фосфатування з товщиною шару 5...14 мкм. У міру зношування старе покриття повинне бути вилучене, а нове фосфатне нанесено. Електролітичне хромування є також ефективним і доступним для кожного підприємства. Доцільно застосовувати зносостійке покриття молочного або малонапруженого хрому. Товщина одношарового покриття повинна становити 15...40 мкм. Після нанесення електролітичного хрому доцільно робити відпустку для зняття залишкових температурних напружень. Електролітичне хромування зменшує схильність

					БР 2517.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		44

алюмінію до приварювання й підвищує стійкість прес-форм при виготовленні виливків із всіх сплавів. До негативних властивостей хромування варто віднести погану змочуваність маслами й змащеннями, а в деяких випадках і низькій його пластичності. Деякі заводи як захисне покриття застосовують дифузійне хромування. Азотування або сульфаціанування доцільно застосовувати при литті алюмінієвих сплавів, де на робочу порожнину прес-форм відбувається інтенсивне налипання й вкладиші виходять із ладу по зношуванню. Товщина нанесеного шару повинна бути меншою 0,1 мм, а кращі результати виходять при товщині шару від 0,04 до 0,08 мм. В нашому випадку дані способи не застосовуємо, оскільки для лиття використовується латунь.

Застосування оптимальних технологічних параметрів процесу. Поряд із застосуванням основних заходів, зазначених вище, необхідно, щоб температура заливання, швидкість впуску, питомий тиск тощо, були мінімально припустимими.

Застосування хромомолібденованадієвих сталей для виготовлення вкладишів прес-форм.

3.6 Врахування теплових умов роботи прес-форм

Розрахунок температурних полів прес-форм. У теорії теплопередачі є завдання про односторонньо обмежене поле, що застосовна до розрахунку температурних полів прес-форм.

З підвищенням температури перегріву металу й температури підігріву прес-форм температура контакту підвищується. З підвищенням температури перегріву температурний перепад підвищується, а з підвищенням температури підігріву прес-форм температурний перепад знижується.

Отже, з підвищенням температури підігріву прес-форм знижуються температурні деформації й напруження, що приводить до підвищення

					БР 2517.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		45

термостійкості й стійкості прес-форм. Однак підвищення температури контакту приводить до зниження механічних властивостей матеріалу вкладишів прес-форм і зниженню стійкості.

Тому існує оптимальна температура підігріву прес-форм. У даному прикладі температура на глибині 0,005 м (5 мм) при литті всіх сплавів рівняється температурі підігріву прес-форм, тобто 200 °С. Глибина проникнення температури залежить від теплопровідності, теплопроникності й температуропровідності.

З підвищенням температури плавлення, температури металу, що заливається, і температури підігріву прес-форм температура контакту підвищується. З підвищенням теплопровідності змащень температура контакту також підвищується. Зі збільшенням товщини тіла вилівка температура контакту не підвищується, але висока температура поширюється на більше глибокі шари прес-форми й тримається більше тривалий час.

Однак дефіцитність і висока вартість сплавів на основі молібдену й вольфраму, а також недостатня міцність сплавів на основі міді, обмежують можливості їхнього використання. Регулювання температури за рахунок застосування змащення, як вказувалося вище, також має обмеження. Використовуючи всі наявні засоби, можна робити як зниження температури контакту, так і її підтримка в заданих межах.

3.7 Визначення впливу температура нагрівання під гартування на довговічність прес-форм

Найбільш оптимальною температурою нагрівання під загартування сталі 3Х2В8Ф варто рекомендувати температуру 1100 °С, а при надійному контролі можна допустити й температуру 1150 °С. Вибір температури відпуску є досить відповідальним завданням, тому що вона визначає при якісній пластичній деформації й загартуванні механічні властивості й

					БР 2517.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

стійкість прес-форм. При виборі температури відпуску керуються вимогами твердості, а в деяких випадках одночасно з нею вказується межа міцності.

Залежно від сплавів [20], застосовуваних для виготовлення виливків, рекомендуються наступні значення твердості: цинкові HRC 48...52; алюмінієві й магнієві HRC 40...48; мідні HRC 37...45. Деякі автори одночасно із твердістю приводять значення межі міцності, а також указують клас сталі. Після загартування з температур 1100...1120 °С зразки відпускалися при температурах 200, 300, 400, 500, 600, 700, 720, 740 і 760 °С з витримкою 2 год. Після виміру твердості зразки відпускалися ще два рази. При збільшенні змісту кобальту твердість підвищується. Кобальт знижує коефіцієнт лінійного розширення, що впливає на зниження температурних напружень і підвищує термостійкість сталі. Видно, що підвищення змісту кобальту до 10 % підвищує запас міцності й пластичності сталі на 15...20 %. При добавці 5 % підвищуються межі міцності, плинності, подовження й ударна в'язкість. Заготовки, а також зразки для визначення механічних властивостей після відпалу й нагрівання в соляній ванні гартувалися з температури 1100 °С у маслі й відпускалися за режимом: на твердість HRC 30...35 при 730 °С з витримкою 1 год, на твердість HRC 40...45 при 650...680 °С з витримкою 1 год, на твердість HRC 50...55 при 250 °С з витримкою 1,5 год. Заготовки $\varnothing 120$ мм відпускалися тільки до HRC 40...45.

Стойкість сталі при литті алюмінієвих сплавів була в три рази вище, ніж сталі 3Х2В8Ф, а при литті дрібних деталей вагою 21 г зі сталі у два рази. Сталь застосовується для виготовлення вкладишів прес-форм у ряді країн при литті латуні й бронзи, а іноді, в особливо важких умовах роботи, й при литті алюмінію. Сталь рекомендується застосовувати при литті мідних сплавів, а також при литті дрібних деталей зі сталі. Найбільш високі механічні властивості отримані при температурі загартування 1080 °С у маслі з наступним відпуском при 540...620 °С, а також при температурі загартування 1150 °С у селітрі з наступною відпусткою при тих же

					БР 2517.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		47

температурах (540...620 °С). На автозаводі "Комунар" при литті латуні ЛС 59-1 останнім часом як матеріал для виготовлення вкладиша прес-форм стали застосовувати сталь 4Х5В2ФС НРС 42...46. Режим термічної обробки. Автори роботи при литті алюмінієвих сплавів одержали стійкість сталі також в 1,5...2 рази вище, ніж стійкість стали. Ця сталь застосовується для виготовлення вкладишів прес-форм при литті цинкових, алюмінієвих і магнієвих сплавів, а з добавкою 4...5% Із при литті латуні. У закордонній промисловості застосовується кілька різновидів цієї сталі: 4Х5В5С, 3Х5Н3Ф, 3Х4В4К5Ф, 3Х4В5Ф, 3ХВ4К4М тощо. У вітчизняній промисловості сталь 3Х2В4Ф поки не знайшла застосування. Вищевказані сталі хоча й рекомендуються для застосування як матеріал для виготовлення вкладишів прес-форм, але дані про їхнє використання приводяться тільки у В. М. Пляцкокого без вказівок, при якому литті їх застосовують і яка їхня стійкість. Механічні властивості цих сталей вивчені недостатньо.

У вітчизняній промисловості інструментальні хромомолібдено-ванадієві сталі не одержали поширення. У США й інших закордонних країнах ці сталі використовуються для виготовлення вкладишів прес-форм при литті алюмінієвих сплавів. У вітчизняній промисловості для цих цілей застосовується сталь 38Х5МФС (РМИ 720-63). У США застосовуються переважно сталі Н-11 і Н-13. Сталь 3Х5МФС. З підвищенням температури відпуску пластичність підвищується. За інших рівних умов сталь 3Х5МФС має більший запас міцності й пластичності, тому її стійкість і термостійкість при литті алюмінієвих сплавів приблизно у два рази вище, ніж у сталі 3Х2В8Ф. На підставі отриманих результатів при випробуванні цієї сталі на стійкість вона була рекомендована для виробничого випробування. У вітчизняній промисловості сталь 3Х2В8Ф застосовується як матеріал для прес-форм більше 40 років, накопичений великий досвід по її експлуатації, а головне, що вона при більше високих температурах має більше високі

					БР 2517.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		48

механічні властивості, чим сталь 3Х5МФС. При литті мідних сплавів навіть у США віддають перевагу сталі 3Х2В8Ф.

Наведені дані показують, що рівноцінного замітника сталі 3Х2В8Ф немає, хоча такі сталі, як 5ХВ2С і 15Х10МФ, також, мають високий рівень термостійкості.

Залежність стійкості прес-форми при литті ЛМц58-2 в залежності від режиму термічної обробки наведено на рисунку 3.3.

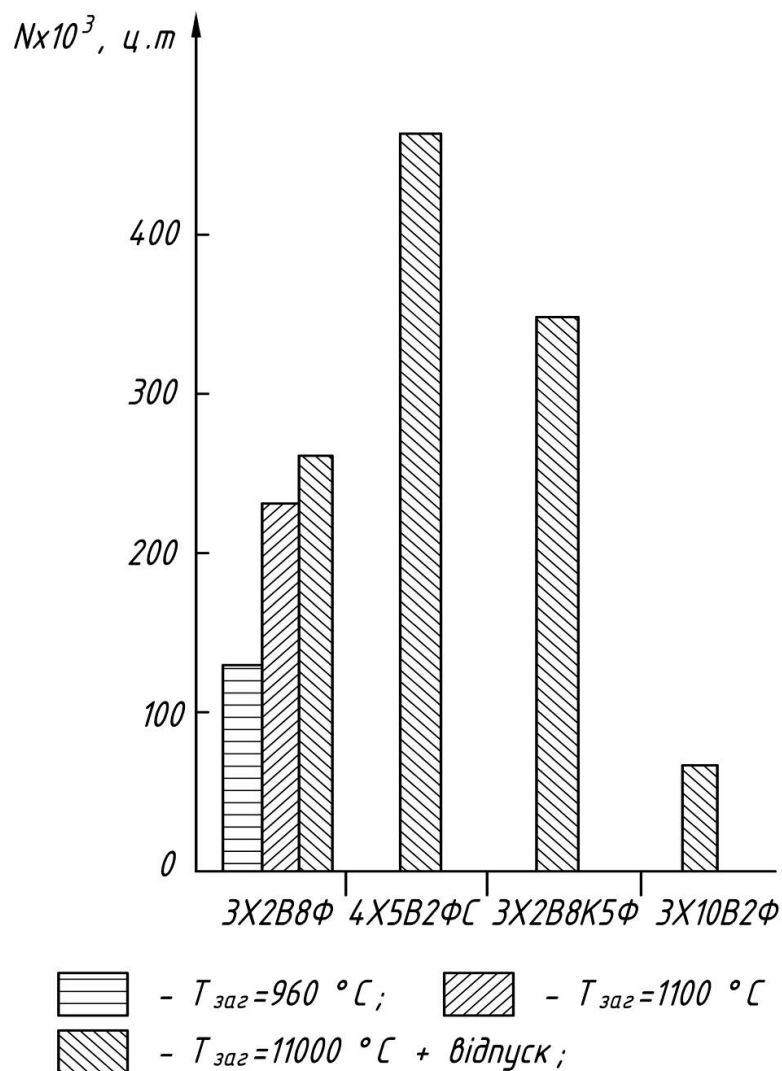


Рисунок 3.3 – Зміна стійкості прес-форми при литті ЛМц58-2 в залежності від матеріалів вкладишів та їх термічної обробки

Залежність стійкості прес-форми зі сталі 4X5B2ФС в залежності від застосованого покриття обробки наведено на рисунку 3.4.

Дослідження проводились при виготовленні виливка корпуса лічильника води з різних матеріалів на протязі останніх чотирьох років.

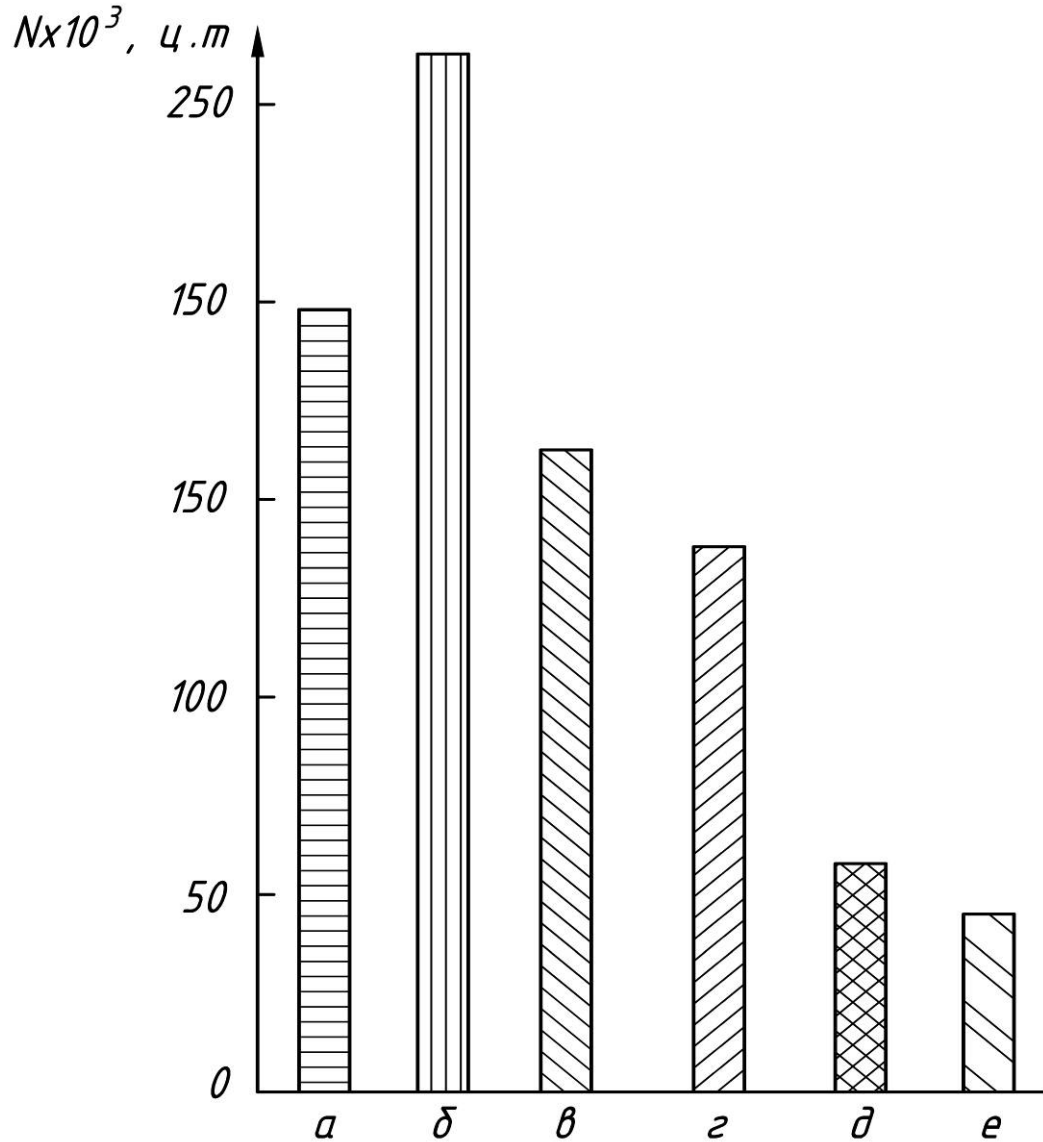


Рисунок 3.4 Зміна стійкості прес-форми зі сталі 4X5B2ФС в залежності від застосованого покриття:

а – без покриття; б – фосфатування; в – низькотемпературне ціанування; г – сульфацианування; д – азотування; е – високотемпературне ціанування

Підвищення температури гартування з 960 до 1100 °С і зниження напружень підвищує стійкість прес-форми в два рази. Зняття залишкових напружень є ефективним засобом для підвищення прес-форм, який не потребує значних затрат.

Проаналізувавши все, викладене вище, приходимо до висновку, що оптимальним матеріалом для виготовлення прес-форм є сталь 4Х5В2ФС. Найефективнішим режимом її термічної обробки є нагрів під гартування до температури 1100 °С, витримка та наступне гартування в оливу. Для якнайкращого зняття внутрішніх напружень згідно результатів досліджень необхідно використовувати потрібний відпуск при температурі 550 °С. Графік термічної обробки наведено на рис. 3.5.

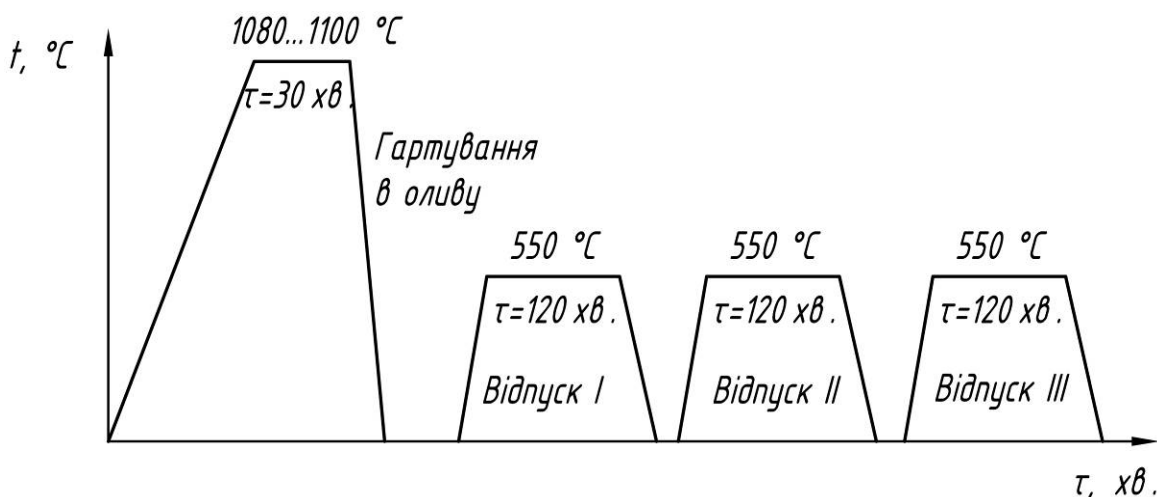


Рисунок 3.5 Режим термічної обробки сталі 4Х5В2ФС

Аналізуючи рис. 3.4 приходимо до висновку, що технологічно найдоцільніше використовувати деталі прес-форм без застосування спеціального покриття, оскільки лише фосфатування дещо підвищує ресурс прес-форм. Проте, у випадку, якщо задана довговічність (250 000 циклів) не досягатиметься, в подальшому слід запровадити фосфатування.

РОЗДІЛ 4

КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

4.1 Принципи конструювання та виготовлення прес-форм

Конструкція, проектування й виготовлення прес-форм. Прес-форми, які застосовують при литті під тиском для виготовлення виливків, можна розділити на два класи: неуніфіковані й ненормалізовані або звичайні та уніфіковані й нормалізовані.

На нормалізовані деталі, вузли, механізми й конструкції прес-форм складаються заводські чи галузеві нормалі, а на уніфіковані – інші технічні документи.

За наявною класифікацією можна виділити наступні групи прес-форм: такі, що складаються з уніфікованих або нормалізованих вкладишів або пакетів і блоків до них, які називають блок-формою й формоблоком; такі, що складаються з нормалізованих або уніфікованих пакетів і уніфікованих постаментів до них; такі, що виготовлені з універсальних збірних вузлів.

4.2 Виготовлення вкладишів

Залежно від конструкції виливків розрізняють прес-форми для виготовлення деталей з різьбленням, армованих деталей, кришок тощо. Наприклад, прес-форми для виготовлення деталей, що мають різьблення, можна класифікувати за наступними ознаками:

- за розташуванням різьблення – на прес-форми для виливка деталей із зовнішнім різьбленням, із внутрішнім різьбленням і із зовнішнім і внутрішнім різьбленням;
- за величиною різьбової поверхні – на прес-форми для виливка деталей з різьбленням по всій окружності й з різьбленням по півколу;

					БР 2517.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

– за способом оформлення різьблення – на прес-форми для одержання виливків з різьбленням у нероз’ємні й у рознімних різьбообразуючих елементах;

– за способом вигвинчування виливків з різьмісних елементів – на прес-форми з вигвинчуванням виливків з різьєутворюючих елементів і з вигвинчуванням різьєутворюючих елементів з виливків (вигвинчування виробляється як на машині, так і поза машиною).

Прес-форми для виготовлення армованих виливків можна класифікувати по наступних ознаках:

– за матеріалом, застосовуваному в якості армуючого елемента (кольорові й чорні метали, спеціальні сплави, пластмаси, кераміка, дерево, фібра й інші матеріали);

– за кількістю армуючих елементів (один або декілька);

– за розташуванням армуючих елементів у робочій порожнині: паралельно, перпендикулярно площини рознімання й під кутом;

– за формою армуючих елементів (елементи типу штифтів, шпильок, болтів, осей, втулок, гайок, гладких втулок, підшипників і інших фігур різних складних конфігурацій).

Для проекрованої прес-форми застосовуємо рухомі стрижні, нерухомі виштовхувачі (рисунок 4.1) та контрвиштовхувачі (рисунок 4.2).

За способом виготовлення вкладишів, що оформляють зовнішні контури вилівка, прес-форми дуже різноманітні. Вкладиші виготовляються переважно механічною обробкою із прокату або кувань, але в останні роки застосовуються вкладиші, виготовлені також іншими способами: холодним видавлюванням, литтям по виплавлених моделях, литтям під тиском тощо.

					БР 2517.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		53

Деталі, що стикаються з рідким металом. Деталі, що стикаються з рідким металом, можна розділити на деталі формотворні, або контури, що оформляють, вилівка,) і на деталі металопровода Формотворні деталі (вкладиші, стрижні, выталкиватели), що оформляють вилівок, є основою прес-форми. Ці деталі визначають зовнішні контури вилівка, її якість - шорсткість поверхні й точність розмірів.

Вкладиші. Формування зовнішніх контурів вилівка відбувається у вкладишах. Стійкість вкладишів визначає стійкість прес-форм, а отже, і рентабельність виробництва й вартість вилівок. Вкладиші виготовляються з високолегованих і легованих сталей.

Вибір матеріалів для вкладишів, режимів термічної обробки, експлуатації є найважливішим питанням, що визначає працездатність вкладишів. Вкладиші найчастіше мають прямокутний або круглий профіль. Габаритні розміри вкладишів установлюються виходячи з розмірів вилівка. Відстань від робочої порожнини до краю вкладиша приймається не менш 15...20 мм.

Товщина тіла вкладиша, з огляду на необхідність достатнього посадкового місця для стрижнів і можливих вставок, приймається рівною глибині оформляючої тіло вилівка плюс 15...20 мм. Менша товщина тіла вкладиша, особливо при литті високотемпературних сплавів, може призводити до виникнення тріщин у тонких перетинах. Для зручності видалення вилівок, особливо складної конфігурації, у більшості випадків вилівок розташовують у пуансоні.

Кріплення вкладишів у плитах здійснюється різними способами. Плити для кріплення вкладишів можуть мати наскрізні й нескрізні отвори. У плитах з наскрізними отворами кріплення вкладишів здійснюється буртами товщиною 8...12 мм. Кріплення швидкозмінних вкладишів здійснюється болтами.

					БР 2517.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		55

4.3 Внутрішні порожнини виливків

У деяких випадках вкладиші виготовляють із окремих шматків-вставок.

Стрижні. Внутрішні порожнини виливків оформляють стрижні, а іноді їх установлюють для зменшення пористості й дрібних раковин у виливках з метою підвищення міцності деталей.

У зв'язку з тим, що стрижні виходять із ладу швидше вкладишів, при конструюванні прес-форм необхідно передбачати можливість швидкої заміни.

Для щільного входження пресуючого поршня використовуємо швидкозмінну ливарну втулку, ескіз якої подано на рис. 4.3.

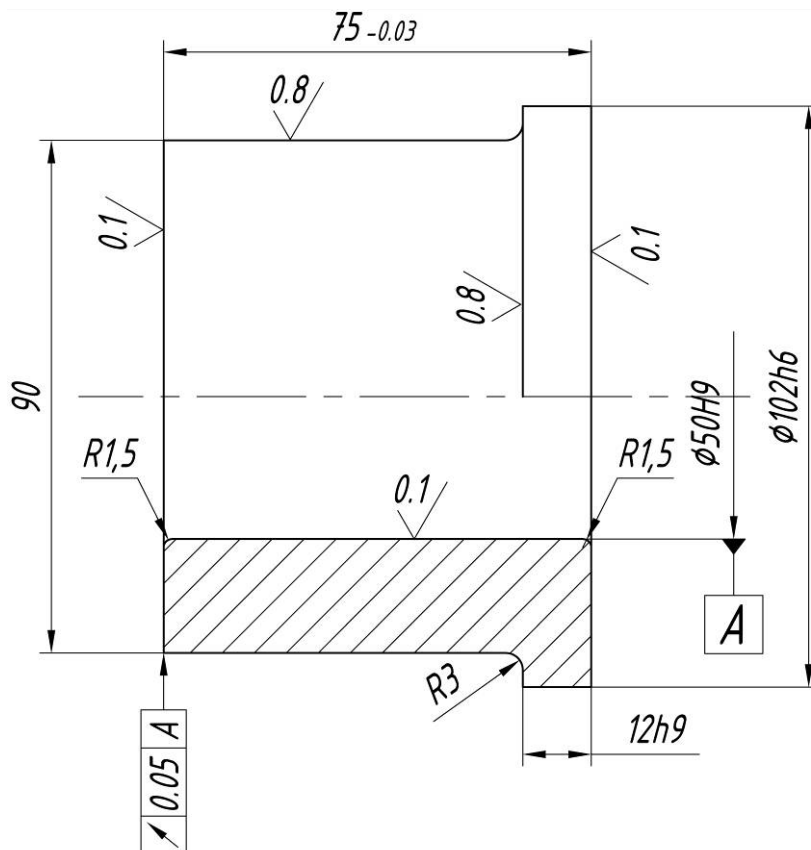


Рисунок 4.3 – Ескіз втулки ливарної

Ескіз прес-форм подано на рис. 4.4 та рис. 4.5.

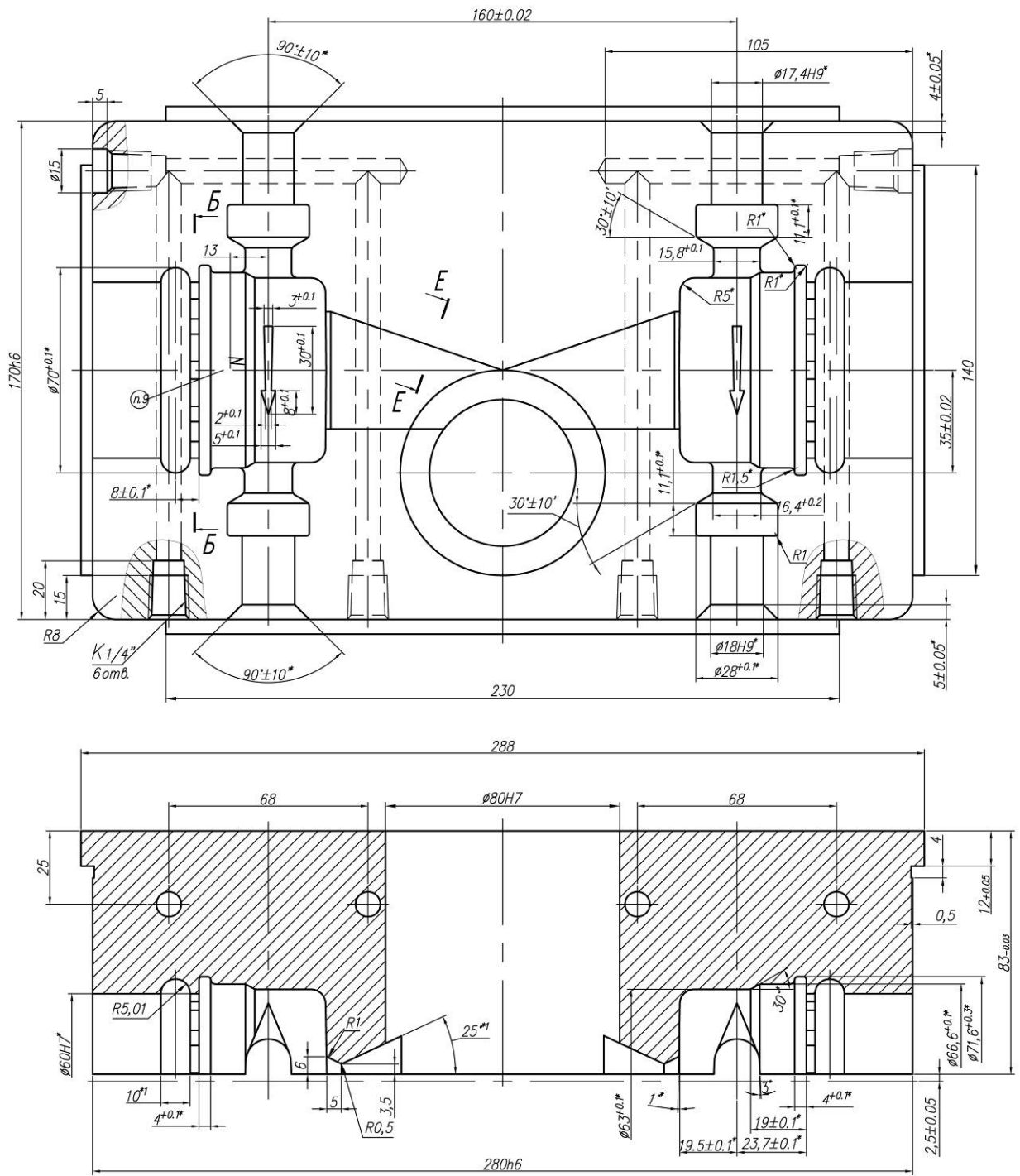


Рисунок 4.4 – Ескіз матриці нерухомої

										Арк.
										57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР 2517.00.00.000 ПЗ					

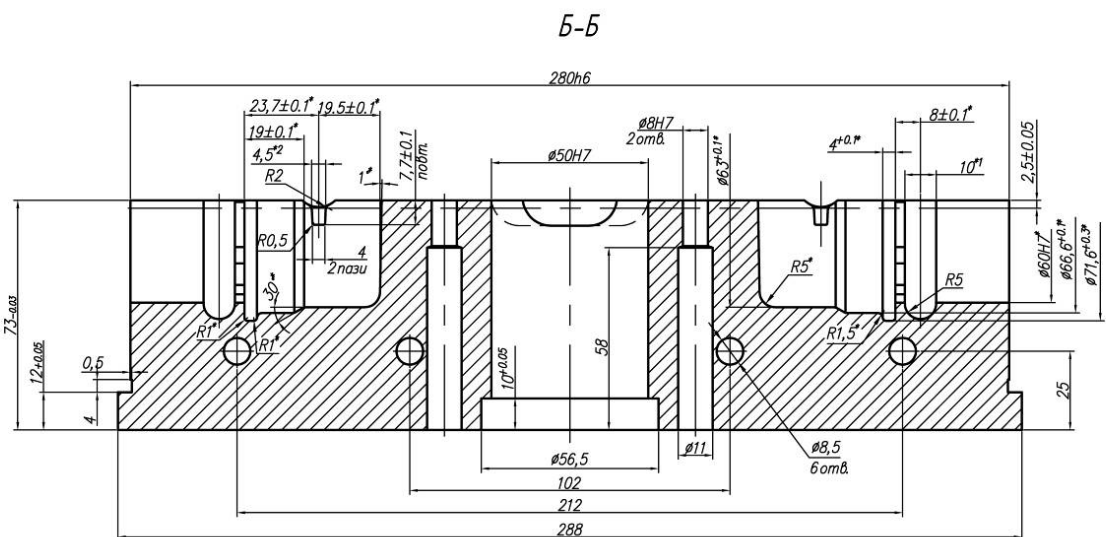
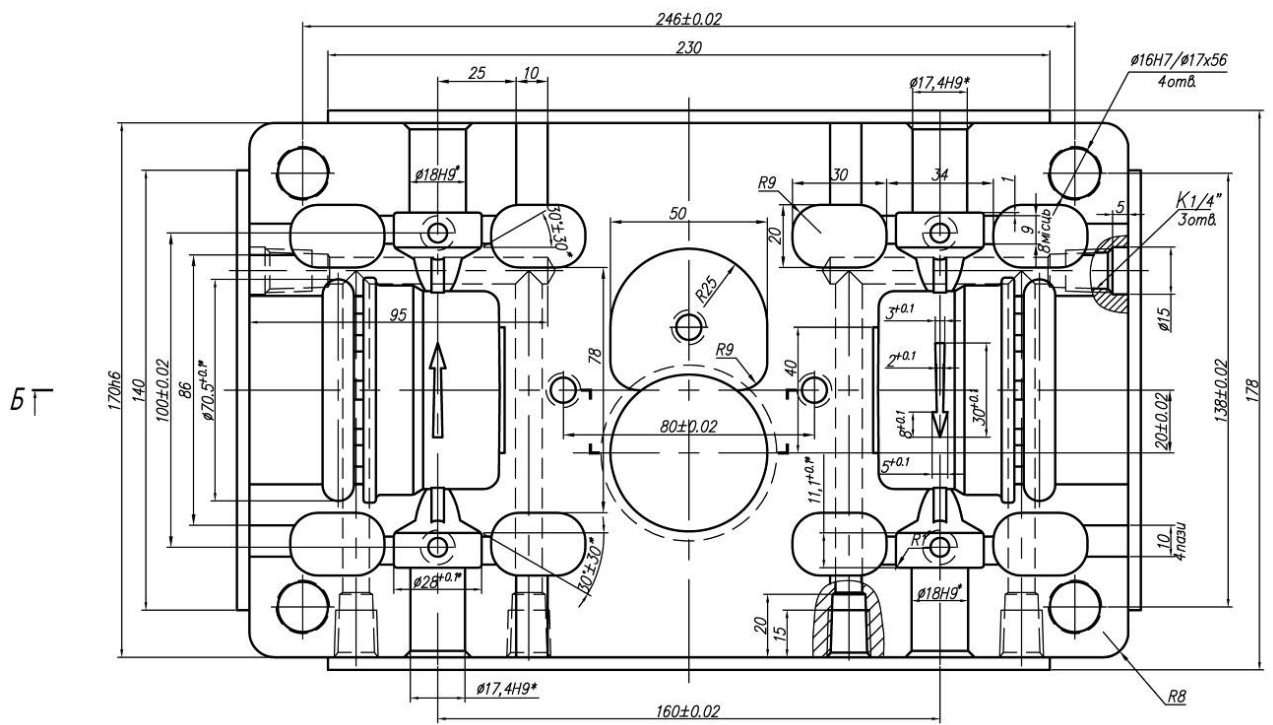


Рисунок 4.5 Ескіз матриці рухомої

4.4 Вибір основного та допоміжного обладнання

До допоміжного обладнання відноситься:

- ківш для заливання металу у прес-форму;
- пристосування для витягання виливки з прес-форми;
- шумовка для зняття шлаку;

Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата

– пристосування для відламування ливників.

До основного обладнання відноситься ливарна машина 711A08 та плавильно-тигельна газова піч.

Процес виготовлення деталей методом лиття під тиском в основному складається із запресування металу у форму, кристалізації і видалення виливка з форми. Крім того, машина проводить ряд допоміжних операцій.

Операції в напівавтоматичному режимі:

– стулення і замикання форми – натисненням двох кнопок «Замикання»;

– пресування – натисненням кнопки «Уприскування»;

– витримка часу на кристалізацію запресованого матеріалу;

– розкриття форми і виштовхування прес-залишку з камери пресування;

– виштовхування виливка;

– відведення прес-плунжера в початкове положення.

Заливка розплавленого металу в камеру пресування проводиться мірним ковшем з тигельної печі вручну або дозатором при підключенні його до машини. Механізм пресування залитий метал переміщає у форму, а потім допресовує його з великим зусиллям, створюваним мультиплікованим тиском.

Реле часу автоматично контролює час кристалізації виливка.

					БР 2517.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Загальні вимоги безпеки

Працівники, допущені до роботи на установках лиття під тиском, повинні пройти:

- попередній медичний огляд;
- вступний інструктаж з охорони праці;
- навчання та перевірку знань з питань техніки безпеки;
- інструктаж на робочому місці (не рідше 1 разу на 6 місяців).

Допуск осіб до литтєвого обладнання — тільки при наявності посвідчення кваліфікованого оператора.

5.2. Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ)

Працівники повинні мати спецодяг з вогнестійкої тканини (бавовна, брезент), термостійкі краги, взуття з металевим носком. Захисний щиток або окуляри з боковим захистом. Дихальні шляхи При необхідності – респіратор від пилу та диму. Голова повинна бути захищена Каскою або шолом при обслуговуванні великих машин

5.3. Вимоги до обладнання

Устаткування повинно мати:

- заземлення, справну електроізоляцію;
- блокування на відкривання форми при високому тиску;
- термостати та систему аварійного відключення;

					БР 2517.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		60

Прес-форми повинні бути:

- щільно зібрані, перевірені на наявність тріщин;
- з мастилами, які не виділяють токсичних речовин при нагріванні.

Температура металу та штампа контролюється автоматично з фіксацією параметрів.

5.4. Організація робочого місця

Установки розташовуються з урахуванням:

- вільного доступу для обслуговування;
- наявності вентиляції (місцевої та загальної);
- освітлення не нижче 300 лк.

Біля кожної машини повинні бути:

- вогнегасник (порошковий, вуглекислотний);
- ящик із піском або азбестове покриття;
- аптечка першої допомоги.

5.5. Температурні та фізичні небезпеки

Контроль надлишкового тиску у системі — через редуктори та манометри.

Робота біля штампа — тільки після перевірки герметичності.

Заборонено:

- доторкатися до гарячих елементів без ЗІЗ;
- видаляти застряглі виливки при увімкненому приводі;
- стояти навпроти виливальної камери.

					БР 2517.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

5.6. Пожежна безпека

Роботи з розплавом ведуться лише:

- на вогнетривкій підлозі (бетон, керамічна плитка);
- за відсутності легкозаймистих рідин і матеріалів.

На дільниці повинна діяти система автоматичної сигналізації.

Заборонено:

- застосовувати воду для гасіння розплавленого металу;
- залишати розігріте обладнання без нагляду.

5.7. Екологічна та хімічна безпека

Мастила та антиадгезійні речовини мають бути нетоксичними та сертифікованими.

Обов'язкове застосування витяжної вентиляції на місцях з викидом парів металу або змащувачів.

5.8. Дії у разі аварій

При витіканні розплаву:

- припинити подачу металу;
- знеструмити установку;
- викликати відповідальних осіб;
- не допускати контакту розплаву з водою.

У разі ураження працівника:

- забезпечити перев'язку або охолодження ураженої ділянки;
- викликати швидку допомогу;
- оформити акт Н-1.

					БР 2517.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

ВИСНОВКИ ТА ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

В результаті проведення комплексу заходів, спрямованих на підвищення довговічності прес-форм для лиття корпусу лічильника води, проектування ливарної дільниці з розробкою технологічного процесу виготовлення даної деталі литтям під тиском встановлено наступне:

- необхідно замінити матеріал корпусу лічильника води з ЛЦ40С на ЛМц58-2 з метою запобігання шкідливого впливу свинцю на організм людини;
- досліджено вплив широкого спектру матеріалу робочих деталей прес-форм на їх довговічність; встановлено, що оптимальним матеріалом для виготовлення відповідальних деталей є сталь 4Х5В2ВС;
- проведено оцінку впливу термічної обробки на довговічність прес-форм; встановлено, що оптимальним режимом термічної обробки сталі 4Х5В2ВС, з точки зору довговічності прес-форми є нагрів під гартування до температур 1080...1100 °С з наступним охолодженням у оливі і трикратний відпуск при 550 °С протягом 2 годин кожен;
- встановлено, що причинами браку значної кількості виливків корпусу лічильника води є забрудненість матеріалу неметалевими включеннями та пористість; запропоновано поряд з Probat Fluus Extra NS застосовувати Probat Fluus Extra SE;
- розроблено удосконалений технологічний процес виготовлення виливка корпусу лічильника води, спроектовано прес-форму;
- спроектовано проект дільниці виготовлення корпусу лічильника води;
- визначено, що річний економічний ефект від впровадження запропонованих заходів складе 922750,4 грн., термін окупності – 1,2 роки;
- вжито необхідні заходи щодо охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

					БР 2517.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бялік О.М. та ін. Металознавство. – К.: ІВЦ «Політехніка», 2001. – 375с.: іл.
2. Кузін О.А., Яцюк Р.А. Металознавство та термічна обробка металів: підручник. – Л.: «Афіша», 2002. – 304 с.
3. Металознавство: підручник / О.М. Бялік, В.С. Черненко та ін. – 2-ге вид., перер. і доп. – К. ІВЦ «Політехніка», 2002. – 384 с.
4. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів : навчальний посібник / [Хільчевський В. В., Кондратюк С. Є., Степаненко В. О. та ін.]. – К. : Либідь, 2002. – 328 с. 12. Шиліна О. П.
5. Матеріалознавство : лабораторний практикум / О.П.Шиліна, О. В. Шаповалова. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 76 с.
6. Термічна обробка: методичні вказівки до лабораторних занять для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітніх програм «Матеріалознавство» та «Індустріальний інжиніринг та менеджмент» спеціальності 132 Матеріалознавство, галузі знань 13 Механічна інженерія
7. Технологія конструкційних матеріалів. За ред М.А.Сологуба. – 2-ге вид.,перероб. і допов. – К.: Вища шк., 2002. – 374.: іл.
8. Технологія конструкційних матеріалів: Підручник/ М.А.Сологуб, І.О.Рожнецький, О.І.Некоз та ін.; За ред. М.А.Сологуба. – К.: Вища шк., 1993. – 300 с.
9. Портал державної електронної системи у сфері будівництва. Режим доступу: ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення.

					БР 2517.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		64