МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

КАФЕДРА МЕТЕЛУРГІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ, ЕКОЛОГІЇ ТА ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ

Кваліфікаційна робота

другий магістерський

(рівень вищої освіти)

на тему: «ОЦІНКА ГЕОМЕТРИЧНОЇ ТОЧНОСТІ ПРЕЦИЗІЙНИХ АЛЮМІНІЄВИХ ТРУБОК У ПРОЦЕСІ ВОЛОЧІННЯ»

Виконав: студент ІІ курсу,
групи 8.1363
спеціальності Металургія
освітньої програми Обробка металів тиском
Кунцевич Микола Олегович
(ініціали та прізвище)

Керівник проф., д.т.н., Скачков В.О.
(вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент доц., к.т.н. Воденнікова О.С.
(вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя

2024

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ

ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра Металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

Рівень вищої освіти другий магістерський

Спеціальність 136 Металургія

Освітня програма Обробка металів тиском

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри_____

«_____»_____20____року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Кунцевичу Миколі Олеговичу

(прізвище, ім’я, по батькові)

1 Тема роботи: «Оцінка геометричної точності прецизійних алюмінієвих трубок у процесі волочіння»

2. Керівник роботи професор, д-р техн. наук, Скачков Віктор Олексійович
(прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від «28»лютого 2024 року №361-с

Строк подання студентом роботи 13 грудня 2024 року.

3. Вихідні дані до роботи: алюмінієвий сплав Д16Т

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Загальні питання виробництва безшовних труб. 2. Вплив хімічних елементів на властивості сплавів. 3. Методи і технології розливання труб і трубних заготовок. 4. Технологічні підходи забезпечення високого якості трубок малого діаметра. 4.1 Технологія волочіння. 4.2 Вдосконалення технології волочіння

малогабаритних трубок. 4.3 Забезпечення точності геометричних розмірів малогабаритних трубок.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Титульний аркуш, мета та завдання досліджень. Методи волочіння трубок. Схема комплексного модуля безперервного процесу розливання-волочіння. Розрахункова схема кристалізації. Структура розрахунку кристалізатора. Залежність довжини кристалізатора від лінійної швидкості течії розплаву. Оцінка точності товщини стінок трубок. Статистична обробка результатів проведених вимірювань геометричних розмірів. Висновки.
6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Скачков В.О., проф. каф. МЕТЕТБ		
Розділ 2	Скачков В.О., проф. каф. МЕТЕТБ		
Розділ 3	Скачков В.О., проф. каф. МЕТЕТБ		
Розділ 4	Скачков В.О., проф. каф. МЕТЕТБ		

7. Дата видачі завдання 12.03.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Загальні питання виробництва безшовних труб	**28.09.2024**	
	Методи і технології розливання труб і трубних заготовок	**10.10.2024**	
	Технологічні підходи забезпечення високого якості трубок малого діаметра	**29.10.2024**	
	Вдосконалення технології волочіння малогабаритних трубок	**14.11.2024**	
	Забезпечення точності геометричних розмірів малогабаритних трубок	**27.11.2024**	

Студент _____ М.О. Кунцевич ‘
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) _____ В.О. Скачков
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ Ю.В. Бондаренко
(підпис) (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Кунцевич М.О. Оцінка геометричної точності прецизійних алюмінієвих трубок у процесі волочіння. Кваліфікаційна робота магістра на здобуття вищої освіти за спеціальністю 136 «Обробка металів тиском», науковий керівник В.О. Скачков, Запорізький національний університет, Інженерний науково - навчальний інститут ім. Ю.М. Потебні, кафедра металургійних технологій , екології та техногенної безпеки, Запоріжжя, 2024.

Запропоновано варіант горизонтального розливання-волочіння трубок, проведено розрахунок параметрів безперервної кристалізації трубок, дана оцінка геометричної точності в процесі волочіння на закріплених та рухомих оправках. Проведено статистичний аналіз різнотовщинності трубок та викривлення осьової лінії, запропоновано варіант усунення таких дефектів. Встановлено шкідливість та небезпеку при роботі в процесі виробництва алюмінієвих прецизійних трубок. Розробки дипломного проекту можуть бути використані для модернізації технологічного обладнання та вдосконалення технології виробництва алюмінієвих прецизійних трубок.

Ключові слова: ГОРИЗОНТАЛЬНА РОЗЛИВКА, ОПРАВКА, ВОЛОКА, ТОВЩИНА СТІНКИ, РІЗНОТОЛЩИННІСТЬ, ГЕОМЕТРИЧНА ТОЧНІСТЬ.

ANNOTATION

Kuntsevich M.O.Assessment of geometric accuracy of precision aluminum tubes in the drawing process. Master's qualification work for obtaining higher education in specialty 136 "Pressure treatment of metals", research supervisor V.O. Skachkov, Zaporizhzhia National University, Engineering Scientific and Educational Institute named after Yu.M. Potebni, department of metallurgical technologies, ecology and man-made safety, Zaporizhzhia, 2024.

A variant of horizontal pouring-drawing of tubes is proposed, the parameters of continuous crystallization of tubes are calculated, and the geometric accuracy in the drawing process on fixed and movable mandrels is evaluated. A statistical analysis of the different thicknesses of the tubes and the curvature of the axial line was carried out, and an option for eliminating such defects was proposed. Harmfulness and danger during work in the production process of aluminum precision tubes have been established. The developments of the diploma project can be used for the modernization of technological equipment and the improvement of the production technology of aluminum precision tubes.

Keywords: HORIZONTAL CASTING, MANDLE, DRAW, WALL THICKNESS, DIFFERENT THICKNESS, GEOMETRIC ACCURACY.

ЗМІСТ

ВСТУП 8
1 ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ МАЛАБАРІТНИХ ЗАГОТОВОК 11
1.1 Загальні питання виробництва безшовних труб 11
1.2 Прогресивні напрямки розвитку технологій виробництва прецизійних труб 14
1.3 Аналіз способів отримання труб методами деформаційної обробки 15
1.3.1 Методи отримання труб 15
1.3.2 Загальна характеристика способів волочіння 17
1.4 Алюміній і сплави 22
1.5 Вплив хімічних елементів на властивості сплавів 24
1.6 Сплави на основі алюмінію 25
1.7 Алюмінієві сплави леговані рідкісноземельними металами 30
Висновки до розділу 1 34
2 МЕТОДИ І ТЕХНОЛОГІЇ РОЗЛИВАННЯ ТРУБ І ТРУБНИХ ЗАГОТОВОК 35
2.1 Стан та напрямки розвитку безперервної розливки 35
2.2 Методика розрахунку і технологія безперервної розливки з обробкою деформаційної 36
Висновки до розділу 2 44
3 ТЕХНОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИСОКОГО ЯКОСТІ ТРУБОК МАЛОГО ДІАМЕТРА 45
3.1 Технологія волочіння 34
3.2 Вдосконалення технології волочіння малогабаритних трубок 50
3.3 Забезпечення точності геометричних розмірів малогабаритних трубок 53
Висновки до розділу 3 56

4 ОХОРОНА ПРАЦІ І ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА 57
4.1 Загальні методи та підходи до безпеки трудового процесу 57
4.2 Забезпечення захисту від впливу шкідливостей та небезпек у ливарно-розливному виробництві 60
4.3 Технічні можливості забезпечення гігієни праці та санітарії 60
4.3.1 Мікроклімат у виробничих приміщеннях 61
4.3.2 Очищення повітря в робочій зоні розливання-волочіння 62
4.3.3 Забезпечення вимог щодо освітлення робочих зон 63
4.3.4 Захист від шумовібраційної дії 64
4.4 Безпечна експлуатація електроустановок 64
4.5 Заходи безпеки в умовах розливання-волочіння заготовок 68
Загальні висновки 70
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ 71

ВСТУП

Актуальність роботи. Створення енергозберігаючих технологій виробництва прецизійних труб методом волочіння з використанням трубних заготовок з чорних і кольорових металів обумовлено необхідністю підвищення їх якості та зниження витрат за рахунок використання оптимальних швидкісних параметрів. технологічного процесу.

З розвитком сучасних галузей точної енергетики, літакобудування, суднобудування та ракетобудування постійно зростають вимоги до виробництва труб - вони забезпечують високу точність геометричних параметрів, оптимальну шорсткість поверхні, корозійну стійкість і високу питому міцність. У той же час існує постійна потреба у виробництві нових типів прецизійних холоднокатаних труб з певною товщиною стінки, малим внутрішнім діаметром з високою точністю та певної шорсткістю поверхні з корозійностійких сталей і кольорових, важких легкі метали і сплави на їх основі.

Сучасні технічні вимоги до прецизійних трубок трубах не в повній мірі задовольняються вітчизняними трубними підприємствами. Процеси волочіння, закономірності зміни шорсткості поверхонь труб та їх геометрична точність досліджені недостатньо.

Технології виробництва прецизійних труб є многоцикловими і не забезпечують конкурентоспроможності даного виду продукції. Технологічні процеси контролюються вручну. Забезпечення функціональних вимог до продукції здійснюється окремо для кожного підприємства, без тісного оперативної технологічного зв'язку між основними етапами виробництва через відсутність узгоджених технологічних процесів від виплавки металу до видобутку прецизійних труб з необхідними параметрами. Високопродуктивний процес волочіння на рухомій оправці не дуже поширений в промисловості і його можливості недостатньо досліджені теоретично і технологічно.

Важливою проблемою є раціональне використання вітчизняної сировини, у тому числі високоякісних вторинних кольорових металів. Взагалі організація виробництва прецизійних труб являє собою серйозну науково-технічну проблему.

Сучасні підходи до підвищення якості прецизійних труб повинні базуватися на оптимізації технологічних процесів їх виробництва, стабілізації основних технологічних параметрів та можливості їх своєчасної коригування.

З цих причин актуальною є розробка ресурсозберігаючих технологій виробництва прецизійних труб з кольорових металів на основі теоретичних основ і нових технологічних рішень в умовах наскрізних технологічних процесів.

Метою роботи є розробка схеми безперервного розливання волочіння алюмінієвих трубок, на основі експериментальних даних оцінити розкид по товщині стінок трубок по переходам процеса волочіння та запропонувати способи усунення геометричної точночті прецизійних трубок.

Задачі дослідження. Для досягнення зазначеної мети дослідження в магістерській роботі вирішуються такі завдання:

- провести розрахунок параметрів кристалізатора з визначенням довжини кристалізатора, матеріалу кристалізатору та швидкості розливки трубок;
- провести дослідження товщини стінок отриманих трубок по діаметру та довжині після кожного етапу волочіння на оправленнях різного типу;
- побудувати статистичну модель по розрахунку геометричних параметрів прецизійних трубок;
- запропонувати спосіб забезпечення геометричної точності готових прецизійних трубок.

Об'єктом дослідження є алюмінієві трубки прецизійної точності.

Методи та способи дослідження. Поставлені задачі вирішувались за допомогою проведення теоретичних та експериментальних досліджень, спільного застосування розрахункових і інженерних методів дослідження. Використовувались розрахунково-графічний метод з використанням стандартних положень.

Наукова новизна отриманих результатів. Розроблено алгоритми та проведені розрахунку функціональних параметрів кристалізаторів безперервної розливки-волочіння трубок; розроблено методику та спосіб забезпечення геометричної точності прецизійних трубок.

Практична цінність роботи. Запропонована технологія відпрацьована для виготовлення прецизійних трубок діаметрами від 4,00 до 8,00 мм. Застосування трубок прецизійної точності можливе для виготовлення спортивного обладнання, машинобудівної та авіаційної промисловості.

Апробація роботи. Результати роботи представлені на І Всеукраїнській науково-практичній конференції за участю молодих учених та здобувачів вищої освіти «Актуальні питання суспільства у сферах екологічної та цивільної безпеки, енергозбереження, менеджменту та економіки». Запорізький національний університет. Запоріжжя : ЗНУ, 2024.

Структура та обсяг кваліфікаційної випускної роботи. Магістерська робота включає вступ, шість розділі, висновки та перелік джерел посилання з 27 позицій. Загальний обсяг складає 75 сторінок, у тому числі 12 рисунків та 3 таблиці.

1 ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ МАЛАБАРІТНИХ ЗАГОТОВОК

Створення енергозберігаючих технологій виробництва прецизійних труб методом волочіння з використанням трубних заготовок з чорних і кольорових металів обумовлено необхідністю підвищення їх якості та зниження витрат за рахунок використання оптимальних швидкісних параметрів. технологического процесу.

З розвитком сучасних галузей точної енергетики, літакобудування, суднобудування та ракетобудування постійно зростають вимоги до виробництва труб - вони забезпечують високу точність геометричних параметрів, оптимальну шорсткість поверхні, корозійну стійкість і високу питому міцність. У той же час існує постійна потреба у виробництві нових типів прецизійних холодноформованных труб з певною товщиною стінки, малим внутрішнім діаметром з високою точністю та певної шорсткістю поверхні з корозійностійких сталей і кольорових, важких легкі метали і сплави на їх основі.

Сучасні технічні вимоги до прецизійним трубах не в повній мірі задовольняються вітчизняними трубними підприємствами. Процеси волочіння, закономірності зміни шорсткості поверхонь труб та їх геометрична точність досліджені недостатньо.

Технології виробництва прецизійних труб є многоцикловими і не забезпечують конкурентоспроможності даного виду продукції. Технологічні процеси контролюються вручну. Забезпечення функціональних вимог до продукції здійснюється окремо для кожного підприємства, без тісного оперативної технологічного зв'язку між основними етапами виробництва через відсутність узгоджених технологічних процесів від виплавки металу до видобутку прецизійних труб з необхідними параметрами. . Високопродуктивний процес волочіння на рухомій оправці не дуже поширений в промисловості і його можливості недостатньо досліджені теоретично і технологічно.

Важливою проблемою є раціональне використання вітчизняної сировини, у тому числі високоякісних вторинних кольорових металів. Взагалі організація виробництва прецизійних труб являє собою серйозну науково-технічну проблему.

Сучасні підходи до підвищення якості прецизійних труб повинні базуватися на оптимізації технологічних процесів їх виробництва, стабілізації основних технологічних параметрів та можливості їх своєчасної коригування.

З цих причин актуальною є розробка ресурсозберігаючих технологій виробництва прецизійних труб з кольорових металів на основі теоретичних основ і нових технологічних рішень в умовах наскрізних технологічних процесів.

1.1 Загальні питання виробництва безшовних труб

Технологія виготовлення безшовної труби є складною технічною операцією. Це обумовлює більш високу ціну безшовних труб. Вихідною заготівлею є монолітний циліндр кругового перерізу. Відомі і виробляються безшовні труби двох типів - гарячекатані і холоднокатанные [1,2].

*Технологія виробництва безшовних гарячекатаних труб***.** Спочатку проводиться нагрівання вихідної заготовки до температури, що перевищує на 50-60 градусов поріг кристалізації металу. При цій температурі деталь набуває досить високу пластичність. Потім на прошивальних пресі провадиться отримання з нагрітої заготовки порожнистого циліндра. Для додання отриманого циліндру правильної форми використовується вальцювання, при цьому труба набуває необхідні розміри і задану геометричну форму в процесі гарячої деформації.
Отримана безшовна труба піддається швидкому охолодженню у воді і остаточно калібрується шляхом проходження через ряд вальців. Обробка завершується розрізанням її на труби стандартної довжини.

Технологія виробництва безшовної холоднокатаної труби
Технологія холоднокатаного виробництва має дві основні відмінності:

- охолодження здійснюється відразу після проходження прошивочного стану;

- попередня калібрування здійснюється в холодному стані. Отримана гільза піддається відпалу, нагрівається до температури рекристалізації металу і піддається прогоні через вальці. Дана тежнология дозволяє зняти внутрішні напруження і забезпечити металу необхідну пластичність [1].

Застосування безшовних труб. Безшовна труба застосовується для найбільш відповідальних виробів, надійність яких грає головну роль, а вартість труби відходить на другий план. Високі функціональні характеристики, що відрізняють безшовну трубу, зробили її незамінною в трубопроводах, в яких рідкі середовища відрізняються агресивністю, що подаються під високим тиском або мають високі температури. Цей факт обумовлює можливість використання безшовних труб в будь-яких магістральних трубопроводах, включаючи комунальну сферу. Трубопроводи з безшовних труб прекрасно переносять високі температури і скачки тиску, хімічно стійкі, тому вони оптималени для використання в системах опалення та гарячого водопостачання.

Високі міцність і надійність муфтових з'єднань на цих трубах гарантують безпеку використання їх для монтажу потенційно вибухонебезпечних трубопроводів для транспортування газу, нафти та інших вуглеводнів. Зазвичай на нафтопереробних підприємствах всі внутрішні трубопроводи виконані з безшовних труб [3].

Дуже важлива ніша для використання безшовної труби – енергетика і атомна промисловість, тракторобудування і авіаційна промисловість. Безшовні труби широко застосовуються в монолітному будівництві, в машинобудуванні. Відсутність швів дозволяє використовувати цей вид прокату в оборонній промисловості, в будівництві судів, вагонів і у важкій промисловості.

Важливі напрямки застосування безшовних труб — виробництво літаків, кораблів, автомобілів. Шляхом використання таких труб вдається значно знизити вагу техніки без зниження її надійності. Відсутність зварювального шва значно підвищує їх міцність і стійкість до зовнішнього впливу.

По параметру товщини стінки і зовнішньому діаметру безшовні труби має три різновиди:

- тонкостінна;
- товстостінна;
- особливо товстостінна.

По параметру геометричної точності труба безшовна виготовляється:

- звичайної точності діаметра;
- високої точності діаметра;
- підвищеної точності діаметра.

1.2 Прогресивні напрямки розвитку технологій виробництва прецизійних труб

Вдосконалення процесу безоправочного волочіння можливо з урахуванням всіх факторів процесу: споживаної потужності, зусилля протягання, швидкості волочіння, точності геометричних параметрів. При цьому необхідно враховувати, що енергетичні параметри залежать від ступеня деформації, фізико-механічнох свійств трубного металу, геометричних розмірів труби і волочильного інструменту.

Подальший розвиток волочіння на короткій оправці передбачає підвищення швидкості процесу, спрощення процесу обслуговування станів при налаштуванні і переході на інший розмір труб, підвищення точності розмірів труб і чистоти робочих поверхонь, можливість виготовлення профільних труб з спрощенням інструменту. Застосування інструменту оптимальної форми з особливо твердих матеріалів з низьким коефіцієнтом тертя призведе до зниження споживання енергії і збільшення разових деформацій труби за один прохід. З метою зниження коефіцієнтів тертя і зносу технологічного інструменту доцільно застосовувати на робочій поверхні спеціальні нанопокриття. Такий підхід призведе до зниження циклічності, дозволить знизити витрату інструменту і зменшити витрату енергоресурсів [3]..

Ефективним напрямком при виробництві прецизійних труб є впровадження комплексних технологій. Комплексні технології включають окремі самостійні в технологічному ланцюжку блоки за замкнутою схемою: сировина; виплавка металу; отримання вихідних заготовок ; виготовлення передільної заготовки; виготовлення готових труб; забезпечення функціональних властивостей товарних труб [3].

1.3 Аналіз способів отримання труб методами деформаційної обробки

1.3.1 Методи отримання труб

Труби виготовляють із заготовок або гільз різними способами (прокаткою, волочінням, пресуванням і зварюванням). Заготівлі та гільзи отримують із злитків прошивкою (на прошивних косовалковых або на прессовальных станах). За даними методів труби отримують безшовними. Крім зварних труб, у яких є шов по всій довжині [4].

Для прошивання заготовки або злитка застосовують прошивні стани (гвинтові прокатка). Також на цих станах проводять подовження прошитих гільз, зменшення або збільшення діаметра готової труби. Валки таких станів мають бочкоподібну, дискову або грибоподібну форму.

При гвинтової прокатки розкриваються зовнішні дефекти і утворюються плены, це відбувається через скручування заготовки.

Іншим способом одержання труб з заготовки (гільзи) є поздовжня прокатка. Такий метод застосовується з використанням оправки або без оправки в круглому калібрі.

При прокатці труб без оправки відбувається сплющення труби. При прокатці з оправленням сплющення обмежується.

Поздовжня прокатка з застосуванням різних оправок так і без оправок відрізняється нерівномірністю деформації по ширині калібру. Що негативно впливає на точності одержуваних труб [1,3].

Безперервна прокатка і редукування, ще один з видів виготовлення труб. Полягає у послідовному розташуванні прокатних станів. Стани необхідно розташовувати на невеликій відстані один від одного, для запобігання розриву труб. Прокатка проводиться як із застосуванням оправки, так і без неї. При такому вигляді прокатки повинен бути добре відрегульований весь технологічний процес, так як деформований метал в кожному наступному таборі може проходити як з підпором (переднім або заднім) так і з натягом. Що негативно позначається як на самому процесі, так і на якості отримуваної продукції.

Пресування дозволяє проводити деформацію металу з великими ступенями обтиску. Відрізняються труби високою якістю і точністю в порівнянні з іншими способами обробки тиском. За допомогою пресування отримують гільзи із заготовок, так само прошивають злитки. Для труб відповідального призначення застосовують свердління, замість прошивки. Так як при прошивці виникає значна нерівномірність деформації, це негативним чином впливає на якість одержуваних труб. Ще одним негативним моментом є те, що готові труби одержувані пресуванням мають обмежену довжину [5,6].

Для отримання труб малого діаметру в основному застосовують волочіння. Волочіння дозволяє отримувати труби високої геометричної точності і чистотою поверхні. Такий спосіб деформації металу дає широкий діапазон сортаменту труб по діаметру і товщині стінки: від десятих часток міліметрів до 400-500, діаметр і від сотих часток міліметрів до 30-40 мм товщина стінки труби.

Вирізняють такі види волочіння труб: без оправки, на нерухомій (короткої) оправці, на рухомий (довгої) оправці, на плаваючою (самоустановлювальні) оправці і волочіння труб роздачею. Найчастіше технологічний процес одержання труб включає кілька видів волочіння, на різних етапах. Це дозволяє покращити якість готової продукції.

Існує ще один спосіб отримання труб – зварювання. У порівнянні з прокаткою, зварюванням більш економічно вигідно отримувати труби. Яким би способом зварювання не отримували трубу, властивості зварного шва труби,

відрізняються від свійств трубы в цілому. Так як шов більш пухкий (пористий), тому менш пластичний, крихкий, менш надійний за характеристиками міцності. Це пов'язано із-за перепадів температур на різних ділянках труби, в зоні шва і більш віддалених зонах від шва. Всі ці моменти негативно позначаються на якість і властивості зварних труб. У зварному шві також накопичується велика кількість шкідливих домішок порівняно з основним металом, наприклад кисень. Структура зварного шва відрізняється від основного металу, голчастою структурою і грубозернисту будову [1,3].

1.3.2 Загальна характеристика способів волочіння

Труби з алюмінію і його сплавів виготовляють переважно за схемою пресування-волочіння. Холодним волочінням отримують труби, мають високу якість і чистоту зовнішньої і внутрішньої поверхонь, а також точні геометричні розміри по діаметру і товщині стінки.

Показники якості можуть бути розділені на керовані і некеровані. Відмітна особливість керованих показників якості полягає в тому, що вони можуть змінюватися в процесі виробництва. До таких показників слід віднести текстуру металу після деформації, точність геометричних розмірів труб, кривизну труб у поздовжньому напрямку та ін. Необхідні зміни цих показників можна отримати, змінюючи вид і режим обробки. Некеровані показники якості протягомі розглянутого технологічного процесу не можуть бути змінені. До таких показників слід віднести, наприклад, хімічний склад оброблюваного металу.

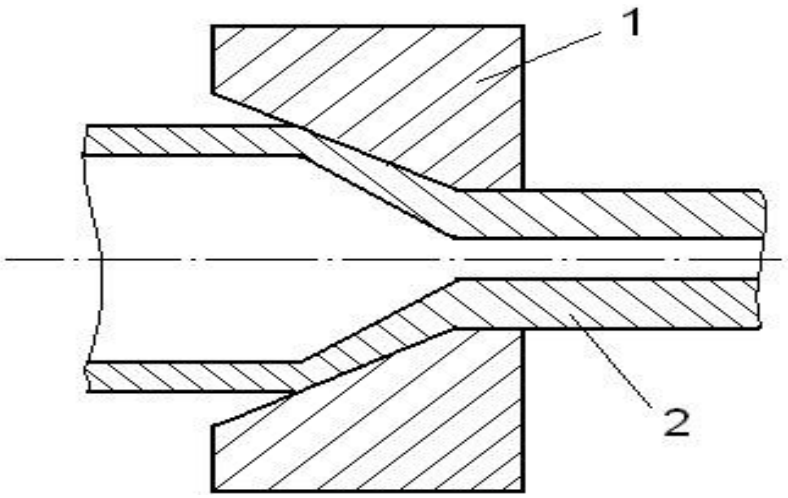
Показники якості труб слід розрізняти за характером оцінки на вимірні й невимірні. Вимірні показники якості включають геометричні показники точності труб: внутрішнього і зовнішнього діаметра, товщини стінки, овальності, поздовжньої і поперечної разностенности, поздовжньої кривизни. При описі механічних властивостей металу використовують величини тимчасового подовження і звуження, ударної в'язкості і твердості. Вимірними показниками є текстура металу, величина зерна і шорсткість поверхні, глибина залягання дефектів.

До невимірною показниками якості холоднодеформованих труб слід віднести: наявність на внутрішній і зовнішній поверхнях рисок, тріщин, раковин та інших дефектів, порушення суцільності металу при технологічних випробуваннях на сплющення, роздачу і бортование або вигин [17].

Для підвищення якості труб потрібно вдосконалення існуючих технологічних процесів, конструкції обладнання і застосування нових процесів, робочого інструменту.

Волочіння труб без оправки.

До недоліків волочіння труб без оправки (рис.1.1) слід віднести те, що внутрішній діаметр і товщина стінки труби піддаються змінам не піддається регулюванню, внаслідок чого на них встановлені великі допуски.



1 –калібруюча фільєра, 2 – заготовка труби

Рисунок 1.1 Схема безоправочного волочіння безшовних труб

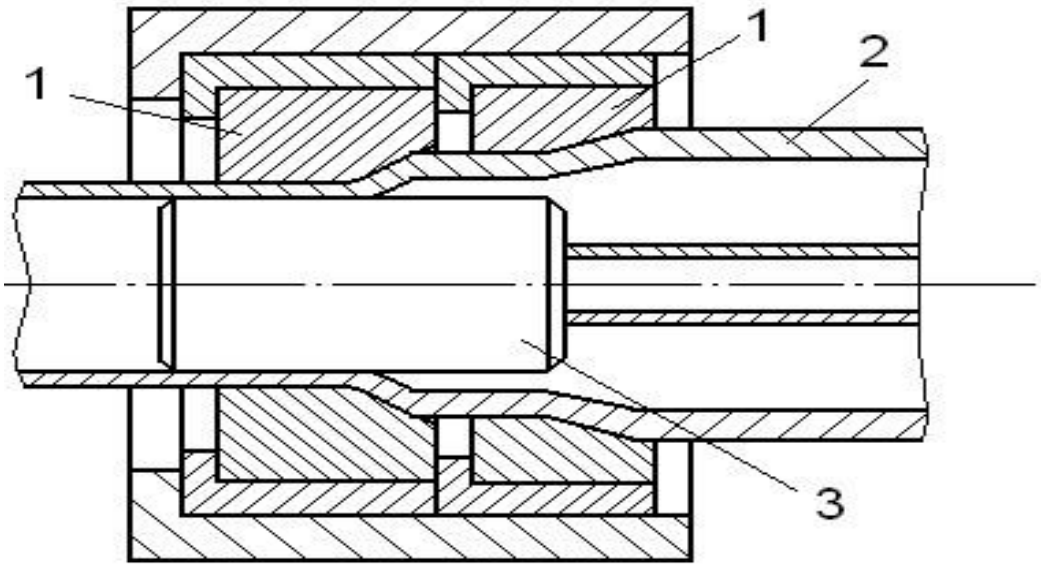
Многопереходное волочіння призводить до виникнення неоднорідності розподілу пластичних властивостей матеріалу по перерізу труби.

На трубах з малою вихідною разностенностью всерівно спостерігається збільшення поперечної разностенности. Тому при виготовленні труб високої точності слід уникати завершення циклу виготовленням таких труб безоправочным волочінням і тим більше його значної деформації. При безоправочном волочінні в

трубах з'являються залишкові напруги, що призводить до викривлення труб. Найбільший вплив на кривизну труб надає неспіввісність труби з волоокої і разностенность заготовки.

Волочіння труб на нерухомій оправці

Досить часто реалізується процес волочіння малогабаритних труб на нерухомій оправці, рис 1.2.



1 – збірна калібруюча фільєра, 2 – заготовка труби, 3 – нерухома оправка з фіксуючою тягою.

Рисунок 1.2. Волочіння на нерухомій оправці

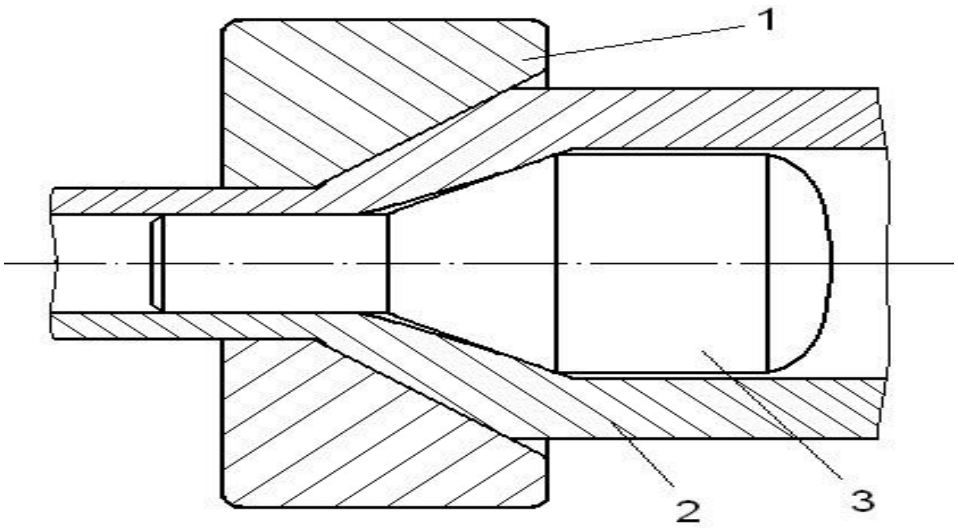
Неоднорідність пластичних властивостей металу труби, наявність поздовжньої і поперечної разностенности і відхилення геометричної форми поперечного перерізу, а також залежність коефіцієнта тертя від відносної швидкості контактуючих поверхонь призводить до зміни величини сили тертя в процесі волочіння. Це викликає коливання оправки в осередку деформації, що призводить до появи хвилястості внутрішньої і зовнішньої поверхонь труби і поздовжньої разностенности. У деяких випадках виникають обриви оправки або труби, руйнування елементів конструкції стану. Тому необхідно знижувати швидкість

волочіння, покращувати підготовку поверхні труб, застосовувати твердосплавний інструмент і т. д.

При волочінні на нерухомій оправці доцільно використовувати заготовку з меншою разностенностью.

Волочіння труб на оправці самоустановлювальні

До недоліків процесу слід віднести наявність більшої в порівнянні з волочінням на нерухомій оправці зони редукування (рис.1.3).

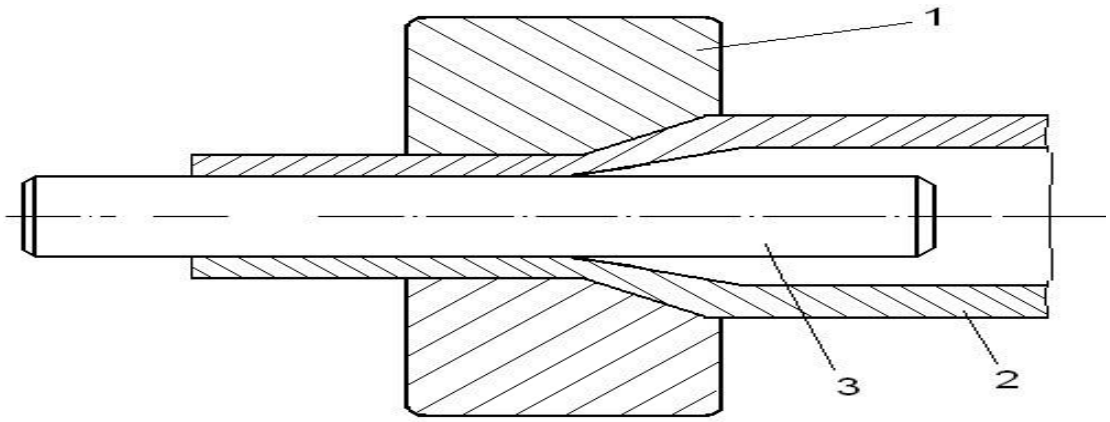


1 – калібруюча фільєра, 2 – заготовка труби, 3 – оправка

Рисунок 1.3 - Волочіння труб на самоустановлювальні оправці

Волочіння труб на рухомій оправці

До достоїнств процесу слід віднести відсутність кривизни труб після волочіння (рис. 1.4).



1 –калібруюча фільєра, 2 – заготовка труби, 3 – рухома оправлення

Рисунок 1.4 - Схема волочіння труб на рухомій оправці

Основним недоліків процесу є необхідність застосування операції відділення та вилучення оправки з труби. Операція відділення оправки від труби не дозволяє отримувати іноді точні розміри труби і призводить до поперечної разностенности. Внаслідок цього при виробництві труб, що мають підвищені вимоги до точності розмірів, після волочіння на рухомій оправці слід виробляти їх калібрування. Також недоліками є великі витрати часу на налаштування механізмів обкатки труб, а також високі вимоги до стабільності розмірів оправок по довжині. Парк оправок на стані дуже обмежений.

1.4 Алюміній і сплави

Алюміній являє собою сріблясто-білий металл з плотностью 2,7 г/см^3, і температурою плавлення 933 К. У відпаленому вигляді міцність його становить σ_B = 80...100 МПа і пластичність 35...40%, имеент высокую корозійну стійкість і електро- і теплопровідність. Алюміній широко використовується в електротехніці для виготовлення електропровідних шин, дроту та кабелів.

Хімічно чистий алюміній виробляється наступних марок: А999 (99,999 % А1), А995 (99,995 % АІ), А99 (99,99 % АІ), А97 (99,97 % АІ), А95 (99,95 % А1). Алюміній

технічної чистоти випускається у вигляді п'яти марок, які позначаються А85, А8, А7, А6, А5 [29].

Технічний алюміній випускається у вигляді листів, профілів, прутків, дроту. Первинний алюміній випускається у вигляді чушок. У відпаленому стані алюміній легко обробляється тиском.

У сучасній техніці широко застосовуються сплави на алюмінієвій основі, які за технологічними параметрами поділяють на три групи: ливарні сплави, деформуючі сплави і порошкові.

Ливарні алюмінієві сплави містять підвищену кількість кремнію, міді, магнію або цинку. Розплави цих сплавів володіють високу плинність, мають незначну усадку і малу здатність до утворення тріщин. Ливарні алюмінієві сплави маркуються літерами АЛ, які позначають алюмінієвий ливарний сплав і цифрами, що визначають умовно заданий номер (АЛ1...АЛ9, …, АЛ32).

Сплави алюмінію й кремнію називаються силуміном. Вони містять від 6 до 13% Si. Ці сплави застосовують для виготовлення деталей складної конфігурації для роботи в умовах середніх навантажень.

Сплави алюмінію з магнієм АЛ8 (9,5...11% Mg), АЛ13 (4,6...5,6% Mg) після термічної обробки набувають високу міцність і пластичність, володіють високою стійкістю до корозії і застосовуються для виготовлення деталей, які відчувають значні ударні навантаження і можуть застосовуватися при високих температурах [29].

Сплави алюмінію з міддю використовуються для виробництва фасонного лиття. Оптимальні ливарні та механічні властивості має сплав з вмістом 8% Cu. Деформуючі алюмінієві сплави поділяються на дві категорії: зміцнюваний та неукріплюваний термічною обробкою.

До незміцнених відносяться сплави алюмінію з магнієм та алюмінію з марганцем. У сплавах алюмінію з марганцем міститься до 1,5% Mn, а в сплавах алюмінію з магнієм – 7% Mg і 0,8% Mn. Для підвищення їх міцності додатково вводять до 2% ванадію (АМг5В). Ці сплави характеризуються високою

пластичністю, доброю зварюваністю, стійкістю до корозії. З них виготовляють штамповані і зварні вироби.

До сплавів, зміцнюваних термообробкою, відносяться дуралалюмінії. Вони містять 2...5% Cu, до 1,8% Mg, 1% Mn, 0,7% Si, 1% Fe. Позначаються дюралюміни літерою Д з умовним номером сплаву, наприклад Д1 (3,8...4,9 % Cu, 1,2...1,8% Mg, 0,3...0,9% Mn, решта - Al). Ці сплави застосовуються для виготовлення лонжеронів літака, силових каркасів, будівельних конструкцій, кузовів вантажних автомобілів. Дуралюміни піддаються термічній обробці: загартування і старіння. Для загартовування дуралюміни нагріваються до температури 768...778 К і охолоджуються у воді при 313 К. Після гартування проводиться штучне або природне старенне. При цьому міцність і жорсткість дуралюміна підвищується.

Алюмінієві сплави для кування і штампування маркуються літерами АК. Ці сплави досить пластичні і стійкі до утворення тріщин при гарячій пластичній деформації (750...775 К). Сплав АК6 (1,8...2,6% Зu; 0,4...0,8% Mg; 0,4...0,8% Mn; 0,7...1,2% Si) використовуються для виробництва деталей складної форми та середньої міцності (σ_B = 360 МПа). Сплав АК8 пропонується для високонавантажених штампованих деталей (стикових вузлів, поясів лонжеронів, лопатей гвинтів вертольотів та ін). Сплави АК також піддаються гартуванню і штучному старінню.

Високоміцні алюмінієві сплави маркуються буквою В. Вони характеризуються високою міцністю (600...900 МПа), значно меншою пластичністю, ніж дуралюмин, і додатково містять цинк і хром. Маркуються марки цих сплавів: наприклад В 96 (2,2...2,8% Зu, 2,5...3,2 % Mg, 0,2...0,5 % Mn, 7,6. .8,6 Zn). Вони застосовуються для важконавантажених конструкцій, що працюють в умовах стиснення (обшивка, лонжерони літаків, силові каркаси будівельних споруд тощо).

Алюмінієві сплави, отримані спіканням порошків на основі А1 та Al_2O_3, називаються САП і САС. Містять велику кількість легуючих елементів і застосовуються для виготовлення деталей приладів, що працюють в парі зі сталлю

при температурі 300...500 К. Сплави типу САП – жароміцні при тривалому нагріванні (до 750 К) [29].

1.5 Вплив хімічних елементів на властивості сплавів

Для легування алюмінієвих сплавів використовуються лігатури на основі Mg, Cu, Zn, Li і Si. Підвищення механічних характеристик сплавів при легуванні досягається шляхом утворення твердих розчинів і виділення зміцнюючих фаз [12, 13].

Елементи, які не розчиняються у розплаві, утворюють у сплаві інтерметаліди: Mg_2Si, $CuAl_2$, Al_2CuMg, $Al_2Mg_3Zn_3$. Магній підвищує корозійну стійкість алюмінієвих сплавів. При цьому незначно знижується пластичність сплаву. Сплави алюмінію з магнієм мають широке застосування і належать до системи Al-Mg, які термічно не зміцнюються.

Мідь істотно знижує корозійну стійкість алюмінію і його сплавів. Тому кількість міді в сплавах обмежується. Алюмінієві сплави, леговані міддю, зміцнюються при термічній обробці і відносяться до жароміцним.

Цинк при введенні з іншими добавками, особливо з магнієм і міддю, справляє істотний вплив на властивості сплавів.

Сплави систем Al-Zn-Mg та Al-Zn-Mg-Cu після термічної обробки володіють найбільш високою міцністю з всіх алюмінієвих сплавів.

Кремній підвищує ливарні властивості сплавів, це пов'язано з утворенням в сплавах системи Al-Si евтектичній фази.

Силуміни – широко поширені ливарні сплави на основі алюмінію. Подвійні силуміни термічно не зміцнюються. Введення в силумін магнію і міді підвищує їх механічні властивості шляхом загартування з наступним старінням сплавів. На практиці часто використовуються в основному багатокомпонентні силуміни на основі систем Al-Si-Mg та Al-SiCu-Mg.

Літій як легуючого елемента силумінів використовується в останні роки. Введення літію в сплав зумовлює підвищення модуля пружності і питомої міцності литого металу.

Крім основних легуючих елементів у промислові алюмінієві сплави вводять невеликі добавки інших металів. Малими добавками називаються легуючі компоненти, зміст яких у сплавах не перевищує 1% за масою. В якості таких добавок використовуються Ti, Zr, Cr, V, Ni, Be, Cd, B, Sc..

Найбільш ефективно подрібнюють мікроструктуру алюмінієвих сплавів скандій, титан і цирконій, особливо при введенні їх разом з бором. Підвищену міцність і жароміцність ливарних сплавів додають добавки марганцю, цирконію та хрому. Включення цих елементів з утворенням інтерметалідів на 30-50% збільшують жароміцність сплавів.

1.6 Сплави на основі алюмінію

Деформуючі сплави застосовують для безперервного лиття круглих і плоских заготовок, які в подальшому піддають гарячої або холодної обробки тиском. Для підвищення міцності і спеціальних характеристик такі сплави термічно обробляють.

Існують різні види термообробки. Гомогенізуючий відпал використовується для усунення дендритних ліквації в заготовках перед пластичною деформацією. Рекристалізаційне відпал сплавів після їх деформації застосовують для зняття наклепу та отримання дрібного зерна у виробах.

Проводять також гартування і старіння сплавів, які сприяють розпаду пересиченого твердого розчину і коагуляції в ньому зміцнюючих фаз. В результаті цього підвищується пластичність і корозійна стійкість сплавів.

Особливістю алюмінієвих сплавів є малий температурний інтервал нагріву при загартуванню.

Витримка в процесі загартування повинна бути мінімальною і забезпечувати розчинення надлишкових фаз в твердому розчині. Витримка виробів при температурі гартування становить 2-15 годин. За цей час повинні діспергироваться грубі интерметаллидные фази в сплавах.

Старіння загартованих сплавів на повітрі при нормальній температурі протікає кілька діб (природне старіння). При підвищеній температурі (150…200 °С) старіння проводять протягом 10-24 годин (штучне старіння). В процесі старіння розпадається пересичений твердий розчин, одержуваний при загартуванню сплаву. В результаті цього відбувається зміцнення сплавів і виробів з них.

Сплави алюмінію з магнієм (АМг) і марганцем (АМц) термічно не зміцнюються. Сплави АМц, АМг2, АМг3 мають тимчасову міцність, яка становить 150 … 170 МПа, сплавів АМг6, АМг61 $\sigma_в$ = 350 … 370 МПа.

Сплави АМг добре зварюються і володіють високою пластичністю і корозійною стійкістю.

Сплави на основі систем: Al-Zn-Mg та Al-Zn-Mg-Cu (високоміцні сплави); Al-Cu-Mg (дюралюміній); Al-Cu-Mg-Si (Авіаль); Al-Mg-Cu-Si (жароміцні сплави) зміцнюються термічно.

В сплавах Al-Zn-Mg сумарний вміст легуючих елементів цинку і магнію (C_{Zn} + C_{Mg}) знаходиться в межах від 5,2 до 8,2%, а співвідношення C_{Zn}/C_{Mg} становить 0,7-4,0.

Для цих сплавів характерні низька швидкість охолодження при загартуванню і широкий інтервал температур (675-770 К), при яких проводять термічну обробку. Більшість таких сплавів гартуються при охолодженні на повітрі, що дозволяє проводити термообробку напівфабрикатів відразу після гарячої деформації без попереднього нагрівання.

Зварювальні з'єднання цих сплавів за властивостями не відрізняються від основного металу. Високоміцні сплави системи Al-Zn-Mg-Cu.

Добавка міді в ці сплави (разом з малою кількістю в них Cr, Mn, Zr) дозволила істотно поліпшити корозійну стійкість металу при збереженні високої міцності (для сплаву В 95 значення $\sigma_в$ = 550 … 600 МПа).

Алюмінієвий сплав В 95 широко використовують в конструкціях, які працюють під тиском при температурах до 375 К.

Високоміцні сплави здатні до старіння при кімнатній і підвищеній температурах.

Штучне старіння проводять при температурі 370-415 К в протягом 24 годин. Підвищений межа міцності сплаву можна отримати при більш низьких температурах старіння, але при цьому зростає схильність сплаву до поверхневого розтріскування.

В сплави системи Al-Cu-Mg додатково вводять марганець для підвищення корозійної стійкості [12]. Найбільш поширеним сплавом цієї системи є дюралюміній Д 16, який витримує значні статичні і вібраційні напруги, але має понижену корозійну стійкість. Максимальні механічні властивості цих сплавів досягають шляхом гартування від температури 770±5 К у воді з наступним природним старінням протягом 96 годин. Сплави такого типу після термічної обробки використовують в конструкціях, що працюють при температурах до 570 К. Сплави системи Al-Cu-Mg-Si (авіалі) поступаються дюралюмінію по міцності, але мають кращу пластичність в холодному і гарячому стані, більш високу корозійну стійкість і добре зварюються. Авіалі характеризуються тим, що зберігають високу міцність протягом тривалого часу.

Сплави типу АВ використовують для виготовлення листів, труб, лопатей гвинтів в авіації, кованих деталей для двигунів, рам та ін.

Ливарні алюмінієві сплави використовують для одержання фасонних виробів за призначенням їх умовно поділяють на групи. Сплави, які мають високу герметичність, АК12, АК9ч, АК7ч, АК8М3ч, АК8М. Високоміцні сплави і жароміцні АМ5, АК5М, АК5Мг, а також корозійностійкі АМг11, АЦ4Мг, АМг10, АМг10ч.

Перша група включає сплави на основі системи Al-Si, які містять (6,0 – 13,0%) Si, Mg до 0,55%, Mn до 0,06%, Ti до 0,3%, остальное - алюміній і домішки. Сплави АК12, АК7ч та АК9 володіють гарними ливарними властивостями і досить високою міцністю.

До другої групи відносяться сплави системи Al-Si-Cu, які мають такий хімічний склад: (4,0-22,0%) Si, (1,0 - 8,0%) Cu, (0,2-0,3%) Mg, Mn до 0,8%, Ti до 0,3%, інше – алюміній і домішки.

Сплави цієї групи АК5М, АК7М2 досить міцні, мають добрі ливарні властивості.

Третя група - сплави на основі системи Al-Cu до складу яких входять (4,5-5,3%) Cu, (0,35-1,0%) Mn, (0,15 – 0,35%) Ti, Cr до 0,25%, іншее - алюміній і домішки. Такого типу сплави АМ5 здатні до термічної обробки, в результаті якої поліпшуються механічні властивості литого металу. Рідкотекучость розплавів цих сплавів нижче, ніж у медистых силумінів.

Четверта група - сплави на основі системи Al … Mg містять (4,513,0%) Mg, Si до 1,7%, Mn до 1,0%, Cu до 1,0%, (0,05-0,25%) Ti, Zr до 0,20%, Be до 0,15%, інше – алюміній. Сплави цієї системи (АМг10 та ін) володіють підвищеними механічними властивостями. Тому використовують їх для отримання виробів, працюючих в умовах високих статичних і ударних навантажень [13].

До п'ятої групи відносяться сплави алюмінію з іншими елементами. Основними легуючими елементами в цих сплавах є цинк і кремній (АК7Ц9, АК9Ц6, АЦ4Мг). Дані сплави володіють високою міцністю.

Сплави алюмінію з магнієм і міддю піддають термічній обробці. Після термообробки міцнісні і технологічні властивості сплавів змінюються в широких межах. Прийняті наступні види термічної обробки алюмінієвих ливарних сплавів (ГОСТ 2685 – 53): Т1 – старіння, Т2 – відпал, Т4 – загартування, Т5 – гарт і часткове старіння, Т6 – гарт і повне старіння до максимальної твердості, Т7 – гарт і стабілізуючий відпустку, Т8-гарт і м'який відпустку. Для підвищення міцності і

пластичних характеристик силуміни модифікують натрієм. Промисловий силумін АК12 складається тільки з алюмінію і кремнію (10-13%).

Доевтектичні сплави, попередньо леговані магнієм, зміцнюють модифікуванням, а також термічною обробкою. Литі вироби з цих сплавів, що працюють при високих навантаженнях підлягають гартування і штучного старіння за режимом Т6. Виливки зі сплаву АК7 для підвищення пластичності загартовують Т4, а для збільшення міцності загартовують і піддають старіння за режимам Т6.

Властивості алюмінієвих ливарних сплавів істотно залежать від способу лиття. Механічні характеристики виливків, які отримані в пісчано-глинистих формах набагато нижче, ніж при лиття в кокіль. Лиття під тиском дозволяє отримувати якісні деталі без модифікування сплавів.

Алюмінієві сплави плавляться в електричних тигельних печах, в які відображають полум'яних і індукційних агрегатах. В якості шихтових матеріалів використовують чушки і злитки алюмінію різних марок, відходи власного виробництва та легуючі метали. Широко застосовують також лігатури (сплави основного металу з легуючими елементами). Лігатури отримують заздалегідь такого хімічного складу, щоб температура їх плавлення була нижче температури рідкого сплаву.

1.7 Алюмінієві сплави леговані рідкісноземельними металами

З літературних даних відомо про легування алюмінію і алюмінієвих сплавів рідкісноземельними металами (РЗМ). Розчинність РЗМ в алюмінії знаходиться в інтервалі [2] від 0,001% до 10 %. Розчинність залежить від типу РЗМ, температури розчинення, особливостями кристалографічної структури алюмінію і РЗМ. Наведено дослідні дані про вплив РЗМ на магнієві, алюмінієві та мідні сплави [2]. Так досягається модифікування структури у вигляді подрібнення зерна, підвищення механічних властивостей, до збільшення рідкоплинності, зменшення мікропористості.

У статті [11] розглядається питання про прогнозуванні зв'язку хімічних елементів з рідкісноземельними металами з допомогою ЕОМ [11,13]. Методика прогнозування полягає внесенням в ЕОМ даних про елементарну будову атомів відомих елементів періодичної системи. Це вказівка розподілу електронів по енергетичних станів кожного хімічного елемента. В результаті отримані дані про прогнозування з'єднанні трьох типів АВ, A_2, A_3– з участю РЗМ, де А і В – РЗМ або один з елементів періодичної системи. Деякі з отриманих даних підтверджено експериментальним шляхом. Що підтверджує існування зв'язку між утворюваними хімічними зв'язками елементів періодичної системи і РЗМ від будови атомів, тобто розташуванням електронів по енергетичних рівнях.

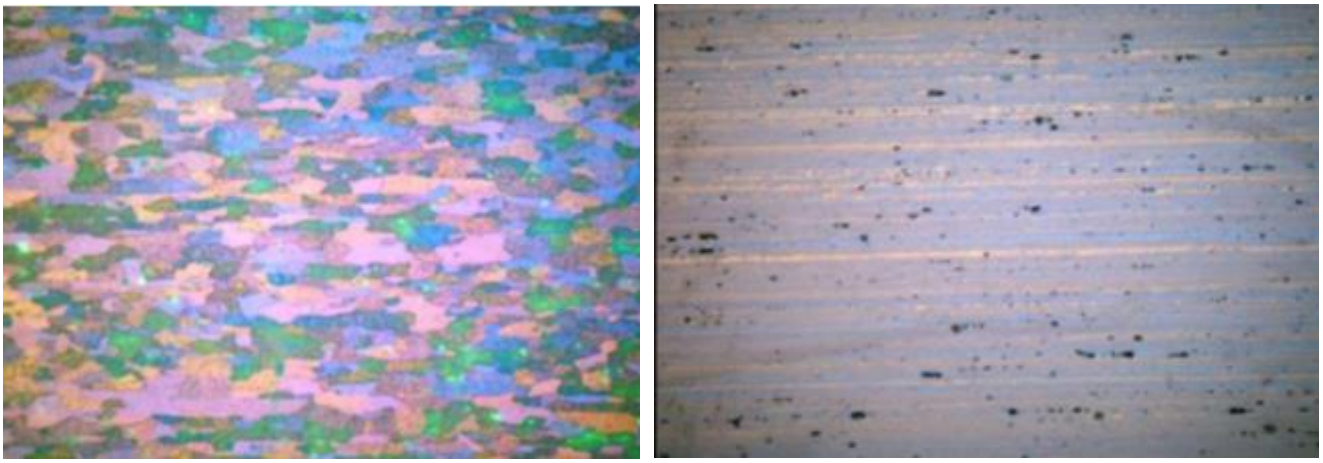
Іншої статті [4], що підтверджує вплив РЗМ на властивості алюмінієвих сплавів, що змінює його мікроструктуру. Розглядається питання про модифікуванні алюмінію і алюмінієвого сплаву АЛ7 перехідними металами. При модифікуванні перехідними металами зерно подрібнюється алюмінію і його сплавів. Існують більш ефективні модифікатори і менш ефективні. Це залежить, як зазначалося і в інших статтях від електронної будови модифікатора і модифікується металу. Модифікувальний метал сприяє утворення зародків у формі карбідів або алюмінієвинідов у металі, що модифікують. Механізм подрібнення зерна представлений наступним чином. При охолодженні металу утворюються угруповання атомів алюмінію і перехідного метала більше стійкі і міцні, ніж у однорідних угруповань атомів алюмінію. Такі угруповання можуть бути зародками, що викликають кристалізацію алюмінієвого сплаву. У статті наводяться досвідчені дані, що підтверджують запропонований механізм зміни мікроструктури у вигляді подрібнення зерна.

Найбільшою модифікуючою здатністю володіють елементи, початківці періоди в періодичній системі і мають найбільшу дефективність d-рівня. З вищевикладеного слід, що скандій є найкращим модифікатором. Модифікуюча здатність знижується від скандію до нікелю. Показником модифікуючої здібності, є число зерен, яки припадають на 1 $см^2$. Так у скандію воно максимально, при

легуванні АВ0 воно одно 1090 на 1 см^2, а АЛ7 – 900; для титану, АВ і АЛ7 – 900; V, АВ00 – 400, АЛ7 – 625 і т. д. Дані дослідів підтверджують передбачуваний механізм подрібнення зерна в алюмінію і алюмінієвих сплавів при легуванні РЗМ.

Про позитивний вплив РЗМ на алюмінієві сплави відомо вже давно. В основному в літературних джерелах наводяться дані про деяких РЗМ впливають на механічні властивості алюмінієвих сплавів, покращуючи їх [12, 13]. Також наводяться дані, про можливу області їх застосування. Але, на жаль, немає даних про технології легування, обробки і кінцеве застосування отриманого сплаву в готової продукції.

У ряді робіт [40, 41]. показано про зменшення розміру зерна в деформованих напівфабрикатах з алюмінієвих при введенні скандію. Для оцінки впливу добавок скандію при спільній модифікації з цирконієм та марганцем провели дослідження мікроструктури. Аналіз мікроструктури листів, отриманих після прокатки та гарту з низьколегованого сплаву 1913 (рис. 1.5) дозволив встановити, що введення модифікаторів у структуру сплаву забезпечує отримання дрібнодисперсної структури із середнім розміром зерна в межах 40 мкм. Модифікація сплаву 1913 року скандією практично повністю пригнічує процеси рекристалізації.



А (×150) В (×200)

Рисунок 1.5 - Порівняння мікроструктури листів зі сплаву 1913 без змісту скандію (А) та зі змістом (В).

Для визначення кращих напрямів текстури в аркушах зі сплаву 1913 р. з вмістом скандію проводилися рентгеноструктурні дослідження. Проведене дослідження показало існування яскраво вираженої прокатки текстури (110). Така текстура в металі обумовлює наявність анізотропії механічних властивостей. Показано, що листи сплаву з спрямованим орієнтуванням зерен мають різні механічні властивості в напрямку деформації і поперек напрямку прокатки.

З метою оцінки характеру зміни механічних властивостей алюмінієвих сплавів, модифікованих скандією, досліджувалася кінетика одноступінчастого штучного старіння. Старіння проводилося в умовах з примусовою конвекцією повітря із застосуванням різних режимів. Проведені дослідження [42]. дозволили встановити закономірності зміни механічних властивостей, що представлені на рис. 1.6.

Тут же наводяться залежності, встановлені для листів зі сплаву 1913, що не містять скандій.

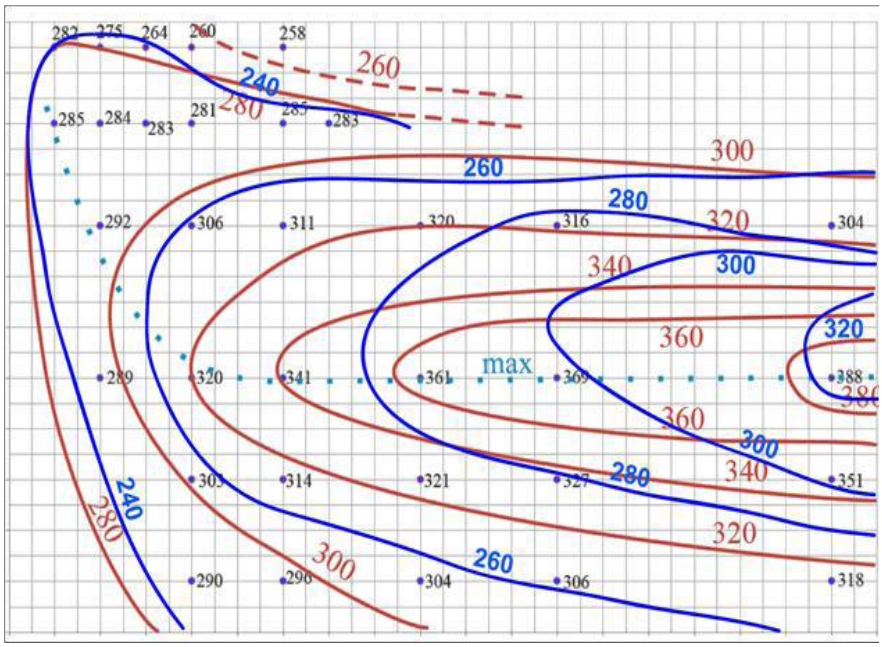


Рисунок 1.6 - Вплив температурно-часових параметрів на межу плинності в процесах старіння сплаву 1913 без вмісту (сині лінії) та з вмістом скандію (червоні лінії)

Добавка скандію практично не змінює процес розпаду твердого розчину. У цьому зміщення становища максимуму властивостей спостерігається у бік коротких витримок. Області однакового рівня межі плинності дещо зміщуються у бік підвищення температур. Отримані результати свідчать про вплив скандію на розпад твердого розчину. Цей факт підтверджується стабільністю пересиченого твердого розчину при загартуванні листів зі сплаву 1913 року [43]. З урахуванням встановлених залежностей запропоновані режими штучного старіння сплаву 1913 р. зі змістом і без змісту скандію [44].

Висновки до розділу

1. Проведено всебічний аналіз методів волочіння малогабаритних труб, розглянуто процеси волочіння на закріплених оправках, на рухомих оправках, на самовстановлюваних оправках та безоправочне волочіння.

2. Розглянуто широко застосовувані сплави на основі алюмінію, представлений їх хімічний склад, технологічні особливості технології розливання та деформаційної обробки, умови та напрямки застосування.

3. Представлено основні напрями вдосконалення всіх видів технологій та їх переділів в умовах виробництва малогабаритних труб.

2 МЕТОДИ І ТЕХНОЛОГІЇ РОЗЛИВАННЯ ТРУБ І ТРУБНИХ ЗАГОТОВОК

2.1 Стан та напрямки розвитку безперервної розливки

Достатньо відомо, що безперервна розливка дозволила значно підвищити продуктивність та якість металів різного хімічного складу. При цьому широко проводяться наукові роботи, спрямовані на підвищення якості металів, відливались безперервним способом. Відомо, що в гіперевтектоідних металах ліквацийні процеси проходять значно інтенсивніше за порівнянні з традиційними марками.

Навіть при нинішньому розвитку методів електромагнітного перемішування і гальмування рідкометалевої серцевини безперервно злитка, що заливають, забезпечити придушення осьової ліквації практично не вдається. При цьому в пошуку методів придушення ліквації в гіперевтектоідних металах висловлено припущення, що зниження швидкості розливання може показати позитивний ефект. Проте зниження швидкості безперервної розливки неможливо нижче допустимої межі, визначуваної як конструкцією машини безперервної розливки , так і маркою розливної сталі. При зниженні швидкості нижче допустимої межі відлити безперервний злиток з гарною поверхнею не надається можливим.

Застосування додаткового обігріву може знизити зазначений поріг мінімальної швидкості розливання, а значить і дозволити зменшити осьову неоднорідність злитка. Досліди по застосуванню струмопідвідника кристалізатора для безперервної і напівбезперервна розливання рідкого металу проводили в лабораторних умовах Інституту електрозварювання їм. Е. О. Патона (ІЕЗ) з використанням кристалізаторів з різними розмірами внутрішнього діаметра [14,15,16].

Технології безперервного розливання металу широко використовуються при виробництві кольорових металів і сплавів. На ВАТ «Артемівський завод по

обробці кольорових металів», наприклад, успішно експлуатуються вертикальні машини для напівбезперервного розливання міді та її сплавів на круглі та плоскі злитки великих перерізів, горизонтальні МБЛЗ для отримання круглої та трубної порожнистих заготовок, а також ливарно-прокатний модуль для отримання катанки [17].

Серед позитивних моментів в еволюції металургійного комплексу України у XXI столітті можна виділити наступне: безперервне розливання сталі як базовий технологічний процес присутнє на 11 металургійних підприємствах України, з яких 5 є підприємствами повного металургійного циклу; частка конвертерної сталі, що розливається безперервним способом, становить 88-89%; процес безперервного розливання є основним в електросталеплавильних цехах та мінізаводах України та зумовив появу нових конкурентоспроможних підприємств; частка електросталі, розливної безперервним способом, становить понад 85%; металургійна промисловість має власний виробник обладнання для слябових і сортових МБЛЗ, який успішно конкурує з провідними підприємствами на внутрішньому та світовому ринках.

2.2 Методика розрахунку і технологія безперервної розливки з обробкою деформаційної

В якості заготовок для виробництва тонкостінних труб для сучасних енергетичних установок застосовують гарячекатані або горячепрессованные труби відносно малих розмірів [17].

В даний час трубки малого діаметру, отримують з великогабаритних трубних заготовок або гільз з подальшою обробкою методами пресування, прокатки чи витяжки. Лиття трубних заготовок виробляють двома способами – відцентровим та напівбезперервним.

Одним із основних параметрів, що визначають процес лиття трубок, геометричні розміри кристалізатора та умови його охолодження. При литті металу

в довгий кристалізатор його охолодження здійснюється тільки через стінку кристалізатора і мало відрізняється від лиття в виливниці. Лиття металу в короткий кристалізатор характеризується утворенням у ньому тільки зовнішньої скоринки, утримує метал від розтікання, а основне охолодження здійснюється водою, що подається на злиток, чим досягається різке збільшення інтенсивності охолодження [17,18]. Кристалізатори для отримання алюмінієвих трубок малого діаметру для безперервного або напівбезперервної лиття не використовують.

Безперервна розливка тонких трубок з алюмінієвих сплавів може бути реалізована в металевому трубчастому кристалізаторі з зовнішнім охолодженням в середовищі рідини або газу.

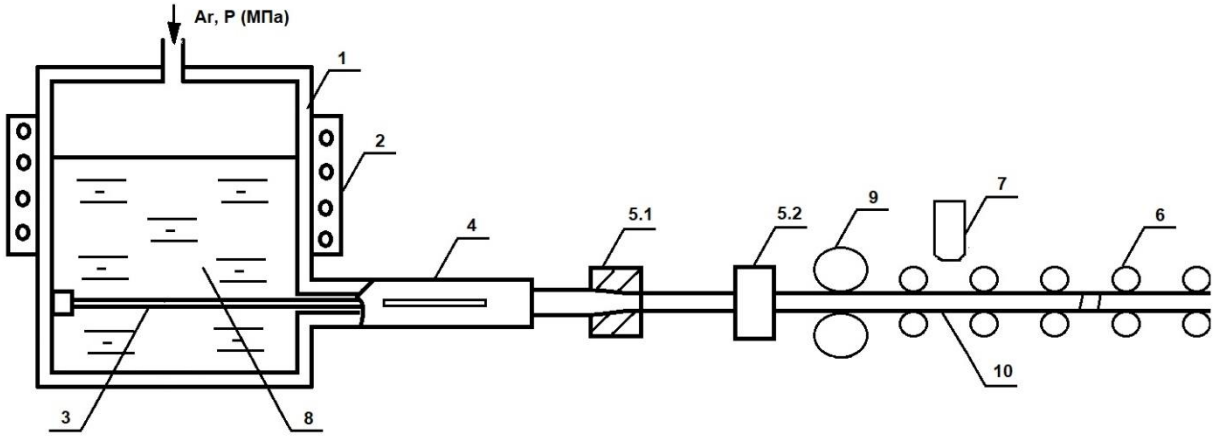
Актуальним напрямком в сучасних умовах у процесі виробництва прецизійних труб є впровадження наскрізних технологій. Структурно наскрізні технології складаються з окремих технологічних переділів, об'єднаних єдиною ниткою блоків: блок 1 – виплавка металу заданої марки; блок 2 – отримання вихідних заготовок у необхідній формі та габаритів; блок 3 – виготовлення передільної заготовки; блок 4 – формування готових заготовок труб; блок 5 – забезпечення спеціальних властивостей товарним трубах [19, 20].

Об'єднання блоків в єдиний ланцюжок дозволять отримати комплексний модуль безперервного розливання-волочіння труб прецизійної точності. Технологічні питання розливання-прокатки і модуль безперервного розливання-прокатки запропоновані в роботах [21].

Науково-методологічні основи створення комплексних технологій виробництва труб припускають використання моделей розрахунку температурно-тимчасових деформаційних процесів при розливанні і волочіння труб [22,27].

Розглядається методична оцінка процесів розливання та оцінки точності малогабаритних трубок на основі алюмінієвих сплавів в умовах комплексного модуля безперервної розливки-волочіння. Схема об'єднаного модуля безперервної разливкі- волочіння представлена на рис.2.1.

Об'єднаний модуль включає (рис. 1) проміжний розливний ківш (поз.1) з системою підігріву (2), калибрующая оправлення (3), мідний трубчастий кристалізатор (4), комплект формуючих фільєр (5.1, 5.2), пристрій протяжки (9), направляючих рольгангів (6) і обрізки трубок заданої довжини (7), розплав металу (8). На запропонованій установці полунепрерывной лиття алюмінієвих сплавів можливо виробляти трубки малого діаметру (10-12 мм, з товщиною стінки 0,4 – 0,6 мм).



1 – розливний ківш постійного тиску, 2 – система підігріву, 3 – калібруюче оправлення внутрішнього діаметру, 4 – мідний кристалізатор, 5.1 і 5.2 – система формуючих філь'єр, 6 – направляючі рольганги, 7 – система обрізки трубок, 8 – металевий розплав, 9 – система протяжки, 10 – трубка

Рисунок 2.1 - Загальна схема комплексного модуля безперервного процесу розливання-волочіння:

Найбільш важливими в даному модулі є процеси кристалізації і формування точності трубок.

Безперервна розливка тонких трубок з алюмінієвих сплавів може бути реалізована в металевому трубчастому кристалізаторі з зовнішнім охолодженням у охолоджуючої середовищі, яка представляється у вигляді рідини або газу. Для розрахунку параметрів кристалізатора і температурно-часових режимів пропонується математична модель, розрахункова схема якої представлена на рис. 2.

В зоні розплаву температура розплаву алюмінієвого сплаву становить $T_р$, яка перевищує температуру плавлення $T_{пл}$ на величину перегріву $T_{пр}$.

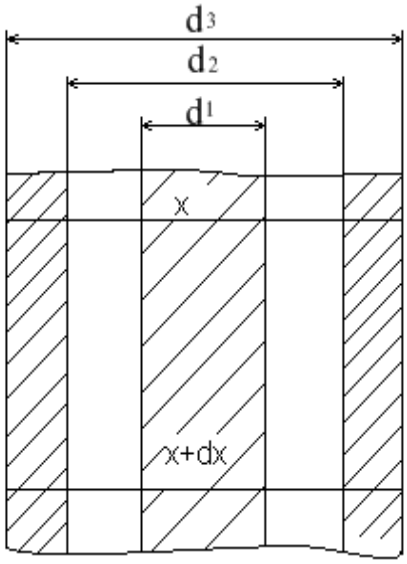
З аналізу теплового балансу в диференційно малих межах [x, x + dx] , можна записати (рис.2. 2):

$$Q_x - Q_{x+dx} = dQ, \tag{2.1}$$

де Q_x, Q_{x+dx} – надходження та віддача тепла в перерізі x і x + dx;

dQ – відвід тепла через бічну поверхню кристалізатора.

Величина dQ визначається передачею тепла від поточного розплаву до стрижня $dQ_{ст}$ і до внутрішньої поверхні кристалізатора $dQ_р$, по товщині стінки кристалізатора $dQ_т$ і від зовнішньої поверхні трубки в навколишнє середовище $dQ_в$:



d_2, d_3, d_1–внутрішній і зовнішній діаметри кристалізатора, діаметр калібрує оправки.

Рисунок 2.2 - Розрахункова схема кристалізації

$$dQ = dQ_р = dQ_т = dQ_в, \tag{2.2}$$

У співвідношенні (2.2) компоненти визначаються [3]:

$$dQ_{ст} = \alpha_{ст} \cdot \pi d_{ст}(t_{ст} - t_{р})dx; \quad (2.3)$$

$$dQ_{р} = \alpha_{р} \cdot \pi d_{1}(t_{р} - t_{с1})dx; \quad (2.4)$$

$$dQ_{т} = \frac{2\pi(t_{с1} - t_{с2})\lambda}{\ell n \frac{d_2}{d_1}} dx; \quad (2.5)$$

$$dQ_{в} = \alpha_{тв} \cdot \pi d_{2}(t_{с2} - t_{в})dx; \quad (2.6)$$

де $\alpha_{ст}$, $\alpha_{р}$, $\alpha_{тв}$ – коефіцієнти тепловіддачі від розплаву до калібрує оправці, до кристаллизатору, від кристалізатора до зовнішнього середовища;

λ – коефіцієнт теплопровідності металевого кристалізатора;

$t_{н}$, $t_{ст}$, t_{1}, $t_{с2}$, $t_{в}$ – температура розплаву сплаву, калібрує оправки, внутрішньої і зовнішньої поверхні кристалізатора, навколишнього середовища відповідно.

При виведенні рівнянь (2.4) і (2.6) прийняті граничні умови, засновані на законі Ньютона-Рімана [28].

Виключаючи з (2.3) температури t_1 і $t_{с2}$, після алгебраїчних перетворень отримаємо:

$$dQ = \frac{\pi(t_{р} - t_{в})dx}{\frac{1}{\alpha_{жт}d_1} + \frac{1}{2\lambda}\ell n\frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_{тв}d_2}}. \quad (2.7)$$

У рівнянні балансу (2.1) різницю теплових потоків визначається співвідношенням:

$$Q_x - Q_{x+dx} = \frac{\pi d_1^2}{4} \cdot C \cdot \rho \cdot W \frac{dt}{dx} + \alpha_{ст} \pi d_{ст} (t_{ст} - t_ж) dx. \quad (2.8)$$

де С – теплоємність поточного розплаву;

ρ – щільність розплаву;

W – лінійна швидкість витяжки трубки.

Підставляючи (2.7) і (2.8) в рівняння балансу (1), отримаємо

$$\frac{dt_р}{dx} = \frac{4}{C \cdot \rho \cdot W(d_1^2 - d_3^2)} \left(\frac{(t_в - t)}{\frac{1}{\alpha_р d_1} + \frac{1}{2\lambda} \ell n \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_{тв} d_2}} - \alpha_{ст} d_3 (t_{ст} - t_р) \right). \quad (2.9)$$

$$\frac{d^2 t_{ст}}{dx^2} = \frac{4\alpha_{ст}}{\lambda} (t_{ст} - t_р). \quad (2.10)$$

Рівняння (2.9), (2.10) отримані для умов:

- теплоємність розплаву С – не залежить від температури;
- швидкість течії розплаву W – постійна по довжині кристалізатора;
- температура розплаву розподілена по діаметру рівномірно.

Гранична умова для рівняння (2,10) є рівність температури на початку кристалізатора і температури зони розплаву

$$t/_{x=0} = T_р \quad (2.11)$$

Рішення рівняння (2.10) з урахуванням (2.11), запишеться у вигляді

$$t_р = T^р_{пр} e^{-\left[\frac{D}{K}\left(\frac{t_в}{T^р_{пр}} - 1\right) + D\alpha_{ст} d_{ст}\left(\frac{T^{ст}_{пр}}{T^р_{пр}} - 1\right)\right] x}. \quad (2.12)$$

$$t_{ст} = T_{пр}^{ст} e^{-\sqrt{\left(\frac{4\alpha_{ст}}{\lambda_{ст}}-1\right)}\,x} \qquad (2.13)$$

де $D = \dfrac{4}{c \cdot \rho \cdot W\left(d_1^2 - d_{ст}^2\right)}$, $\qquad K = \dfrac{1}{\alpha_р d_1} + \dfrac{1}{2\lambda_к} \ell n \dfrac{d_2}{d_1} + \dfrac{1}{\alpha_{тв} d_2}$.

В зоні кристалізації температура дорівнює $t = t_{кр}$. У цьому випадку мінімальна довжина кристалізатора визначається:

$$X_{кр} = -\frac{C \cdot \rho \cdot W}{4} \ell n \frac{t_{кр} - t_в}{T_к - t_в}. \qquad (2.14)$$

Довжина кристалізатора залежить від умов тепловідводу в навколишнє середовище, умов тепловідведення від розплаву до кристалізатора і матеріалу кристалізатора. Вихідні дані для проведення розрахунку кристалізації трубки з алюмінієвих сплавів в кристалізаторі представлені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Кількісні значення параметрів в системі розплав-кристалізатор для проведення розрахунків

d_1, мм	d_2,мм	ρ, г/см^3	c, кДж/(кг·К)	$T_р$, К	$T_{кр}$, К	$t_в$, К	W, м/с
10,0	12,0	2,35	1,09	1073	936	303	0,3

Найбільш відповідальним технологічним параметром процесу витяжки трубки є умови зовнішнього охолодження. Умови зовнішнього охолодження визначаються коефіцієнтом тепловіддачі від кристалізатора до зовнішньої середовищі $\alpha_{тб}$. Коефіцієнт тепловіддачі змінюється в широких межах залежно від зовнішнього теплоносія.

Для розрахунків прийнято зміни $\alpha_{тб}$ від 1,163 до 465,2 Вт/м^2·К [26].

Другим параметром, що визначає умови передачі тепла, є коефіцієнт теплопровідності матеріалу кристалізатора λ. Для розрахунків прийнято діапазон зміни λ від 34,89 до 348,9 Вт/м·К. Значення λ = 30 Вт/м·К відповідає коефіцієнту теплопровідності сталі, 300 – коефіцієнту теплопровідності міді [26]. В табл. 2.2 представлено отримані розрахункові значення мінімальної довжини кристалізатора в залежності від зміни коефіцієнтів тепловіддачі $\alpha_{тб}$ і теплопровідності матеріалів кристалізатора λ .

Таблиця 2.2 - Мінімальна довжина кристалізатора в залежності від параметрів системи кристалізатора

Коефіцієнт тепловіддачі, $\alpha_{тб}$	Мінімальна довжина кристалізатора, х (мм)				
	λ = 35	λ = 116	λ =198	λ =280	λ =360
1	314,6	314,6	313,6	313,1	312,5
23	175,7	175,7	174,7	173,7	173,5
46	172,4	172,3	171,3	170,5	170,3
93	170,6	170,6	169,6	169,2	169,0
186	169,7	169,7	169,3	169,0	168,8
302	169,4	169,3	169,0	168,8	168,2
349	169,3	169,3	169,0	168,2	167,9

З даних табл. 2 слід, що прийнятна довжина кристалізатора складає 170 мм для значень коефіцієнта тепловіддачі в межах 93 - 186 Вт/м^2·К. Матеріал кристалізатора для геометричних розмірів, вказаних в табл. 1, істотного значення не має. Однак найбільш технологічно виконати кристалізатор на основі міді або її сплавів.

На рис. 2.3 представлена залежність довжини кристалізатора від швидкості розливання металу.

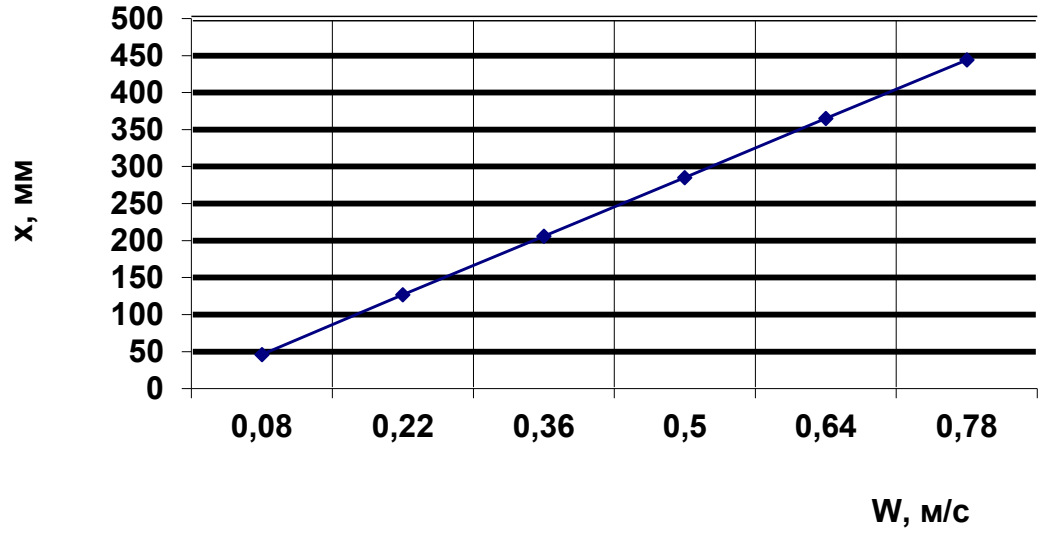


Рисунок 2.3 - Залежність довжини кристалізатора від лінійної швидкості течії розплаву

Для розрахунків прийнято діапазон вимірювання W від 0,08 до 0,78 м/с. З графіка видно, що при збільшенні швидкості розливання, необхідно збільшувати довжину кристалізатора. Для прийнятої довжини кристалізатора в межах 170 мм швидкість розливання не повинна перевищувати 0,35 м/с.

Висновки до розділу 2

1. Розглянуто методи та підходи до процесів плавки та розливання розплавів металів. Проведено оцінку неперевершених методів розливання, показано їх переваги, недоліки та умови застосування.
2. Запропоновано схему встановлення безперервного розливання-волочіння горизонтального типу із забезпеченням закінчення розплаву при постійному тиску.
3. Розроблено методику розрахунку кристалізатора, визначено вплив конструктивно-технологічних параметрів на мінімальну довжину кристалізатора для неперервного розливання трубок малого діаметру з алюмінієвих сплавів.

3 ТЕХНОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИСОКОГО ЯКОСТІ ТРУБОК МАЛОГО ДІАМЕТРА

3.1 Технологія волочіння

Волочіння здійснюють головним чином в холодному стані та дуже рідко у гарячому. В результаті волочіння змінюються профіль, розміри поперечного перерізу та збільшується довжина заготівлі.

Загальний технологічний процес волочіння складається з наступних операцій: 1) попереднього відпалу заготівель для одержання дрібнозернистої структури металу та підвищення його пластичності; 2) травлення заготівель в підігрітому розчині сірчаної кислоти для видалення окалини, яка викликає підвищений знос матриці; 3) промивання заготівель та нейтралізації травильного розчину; 4) загострення кінців заготівель в кувальних валках або під молотом для пропуску через отвір матриці та наступного захоплення кліщами стану; 5) волочіння; 6) відпал для усунення наклепу; 7) обробки готової продукції (обрізки кінців, виправлення, різання на мірні довжини та ін.).

Обладнання для волочіння — волочильні стани складаються з двох основних частин: робочого інструмента — волоки і тягнучого пристрою для протягування заготовки через волоку. Стани бувають для однократного і багатократного волочіння. Тягнучі пристрої бувають з прямолінійним рухом оброблюваної заготовки (ланцюгові, рейкові, гвинтові) для волочіння прутків і труб (тягове зусилля — до 1500 кН) і барабанні з намотуванням дроту чи інших профілів.

Для зменшення тертя у вічку матриці заготівлі змазують мінеральною олією, емульсією, графітом або жиром. Змащення сприяє одержанню чистої поверхні виробу та зменшує витрату енергії на волочіння. Для зниження зусилля волочіння застосовують також роликові матриці.

При гвинтовій прокатці [30,31,32], як й при поздовжній, основні формозмінення металу відбувається за рахунок сил тертя на поверхні контакту з

валком в осередку деформації. Відмінність полягає в тому, що заготівка та готовий виріб, окрім поступального, здійснюють й обертальний рух довкола своєї вісі в процесі деформації.

Гвинтовий рух забезпечується розворотом вісей робочих валків на кут подачі відносно вісі заготівки та однаковим напрямком обертання валків. Деформація відбувається за рахунок того, що відстань між робочими поверхнями прокатного інструменту в напрямку гвинтового руху металу зменшується.

Гвинтову прокатку широко застосовують у процесах обробки металів тиском, та в першу чергу, при виробництві труб, для здійснення наступних операцій:

1) отримання полої гільзи з суцільної заготівки або зливку на прошивних станах різних типів – прошивка;

2) подовження прошитих гільз або отримання готової труби з полої заготівки за рахунок зміни зовнішнього діаметру та товщини стінки – розкатування;

3) зменшення діаметру готової труби – калібрування;

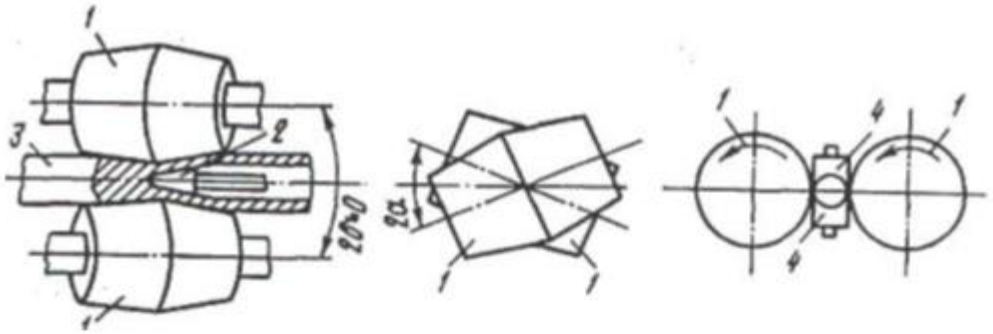
4) збільшення діаметру готової труби – розширення;

5) зменшення діаметру вихідної заготівки суцільного перетину – прокатка вісей та валів;

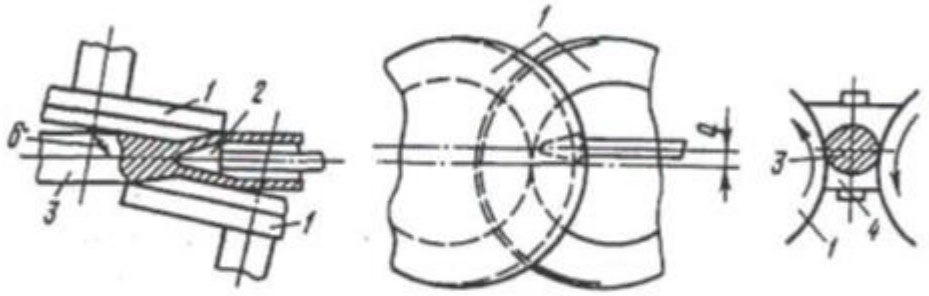
6) виробництва спеціальних виробів – шарів, ребристих труб, шестерень тощо.

Валки прошивних станів мають спеціальну конфігурацію, що забезпечує наростання обтиснення по довжині осередку деформації, сприятливі умови для захоплення металу валками та розкриття порожнини.

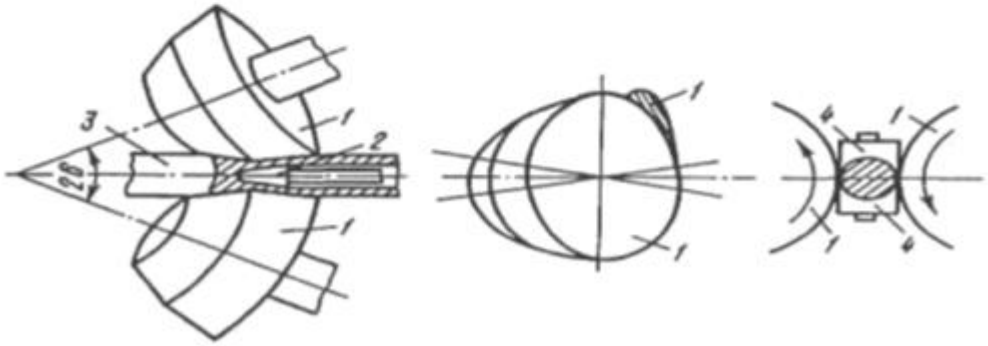
Для прошивки суцільних заготівок та зливків в гільзи на станах гвинтової прокатки застосовують бочкоподібні, дискові та грибовидні валки. Найбільше розповсюдження отримала схема прошивки двохвалковому стані з бочкоподібними валками. Бочкоподібні валки мають форму двох усічених конусів, що повернені один до одного великими сторонами (рис.3.1, а).



а



б



в

а – дискові валки; б – бочкоподібні валки; в – грибовидні валки; 1 – валки; 2 – оправка; 3 – заготівка; 4 – лінійка;

Рисунок 3.1- Схематичне уявлення прошивних станів гвинтової прокатки

Вісь симетрії прошивного стану з валками такого типу як правило суміщена з віссю прошивки (віссю прошиваємої заготівки).

Вісь валків розташована у вертикальних площинах, що паралельні вісі симетрії стану. У вертикальній площині вісь валку складає з віссю прошивки (віссю

симетрії стану) кут , що має назву кутом подачі. Величина цього кута складає 4-12°, в останній час почали застосовувати підвищені кути подачі (15-18°).

Валки обертаються в одному напрямку. Метал поступає в стан зі сторони станини та рухається вздовж валків, одночасно обертаючись відносно своєї вісі. Для утримання прокатуємого металу у визначеному положенні відносно робочих валків, симетрично вісі прошивки встановлюються неприводні направляючі ролики та лінійки. Знаходять застосування стани з бочкоподібними валками зі зміщеною віссю прошивки відносно вісі симетрії стану.

Дискові валки представляють собою сполучення конусу з циліндром (рис. 3.1, б). Робоча поверхня валків утворюється меншою стороною та боковою поверхнею конуса. Наявність циліндричної частини валку підвищує його міцність.

Грибовидний валок (рис. 3.1, в) представляє собою два конуси, причому конус з більшим кутом нахилу утворюючої є вхідним, а конус з менших кутом – вихідним. Діаметр валку від входження до виходу заготівки збільшується, що створює сприятливі умови для збільшення швидкості виходу гільзи з валків та зменшення скручування заготівки в валках.

Коефіцієнти часткових деформацій для ділянки осередку від перетину *B0-B0* до *B1-B1* розташовані на відстані *Lx* , що відповідають кроку (рис. 3.2). Сумарні коефіцієнти витяжки визначаються як добуток часткових витяжок. В поздовжньому перетині осередку деформації прошивного стану можна виділити наступні ділянки:

1) ділянка прошивки від площини I-I до II-II;

2) ділянка розкатки на оправці від площини II-II до III-III;

3) ділянка безоправочного редукування гільзи від площини
III-III до IV-IV.

У поперечному перетині осередку деформації також можна виділити характерні зони:

1) зона контакту з робочим валком, де відбувається основна
деформація;

2) зона контакту з лінійкою, де відбувається додаткова

деформація;

3) позаконтактна зона.

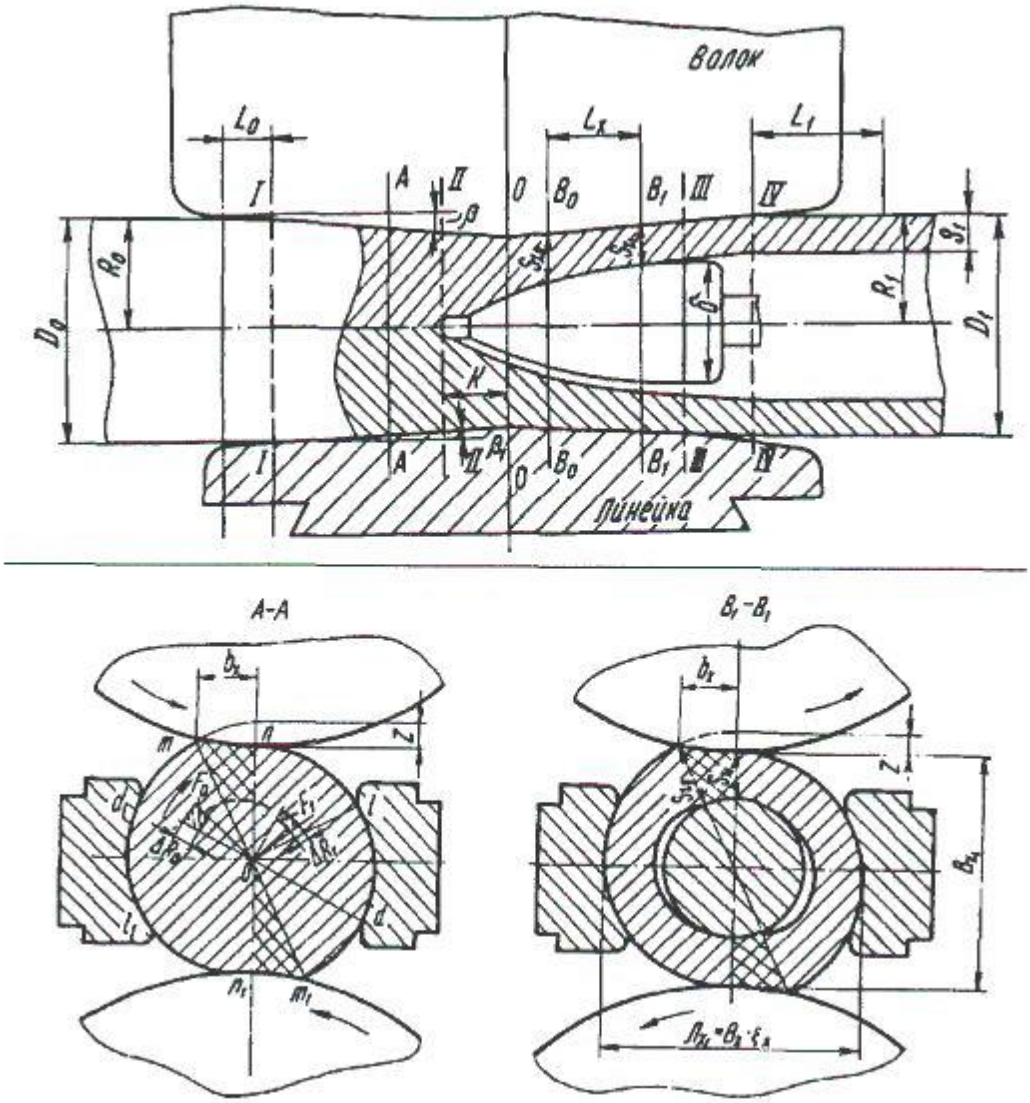


Рисунок 3.2 - Схематичне подання осередку деформації при гвинтовій прокатці

3.2 Вдосконалення технології волочіння малогабаритних трубок

В даний час важливе значення має виробництво капілярних труб з нержавіючої сталі, які знаходять застосування в авіації, машинобудуванні та в медичній промисловості для виробництва ін'єкційних голок. Щоб перейти на випуск шприців ін'єкційних одноразового користування потрібно забезпечити щорічний випуск близько 4 мільярдів голкових заготовок. Одним із шляхів вирішення поставленої задачі є використання потужних ультразвукових коливань, що дозволить знизити зусилля волочіння, збільшити поодинокі обтиснення і продуктивність існуючого обладнання, поліпшити якість поверхні і точність готових виробів. Для розробки технологічних процесів волочіння труб з накладенням ультразвукових коливань необхідно визначення силових і деформаційних параметрів. В даний час є аналітичні залежності для розрахунку процесу волочіння з ультразвуковими коливаннями для суцільних і порожнистих тіл. Однак дані залежності для волочіння труб на рухомий і самовстановлюються оправках мають громіздкий для інженерних розрахунків вигляд і не враховують такий фактор, як швидкість волочіння. Тому важливим завданням є розроблення науково обґрунтованої методики визначення силових параметрів ультразвукового волочіння труб, а також розробка ультразвукового технологічного вузла до волочильних станів.

Інтенсифікація процесу волочіння капілярних труб з нержавіючої сталі можлива за рахунок використання самоустановлювальні оправки. В даний час основу технології виробництва таких труб становить волочіння на рухомій оправці. Як показує досвід виробництва капілярних труб з міді та її сплавів, застосування самовстановлюються оправок в кінцевому підсумку дозволить перейти на бухтовое волочіння, що значно підвищить продуктивність процесу (рис. 3.3).

Важливими завданнями інтенсифікації процесу волочіння капілярних труб з нержавіючої сталі є:

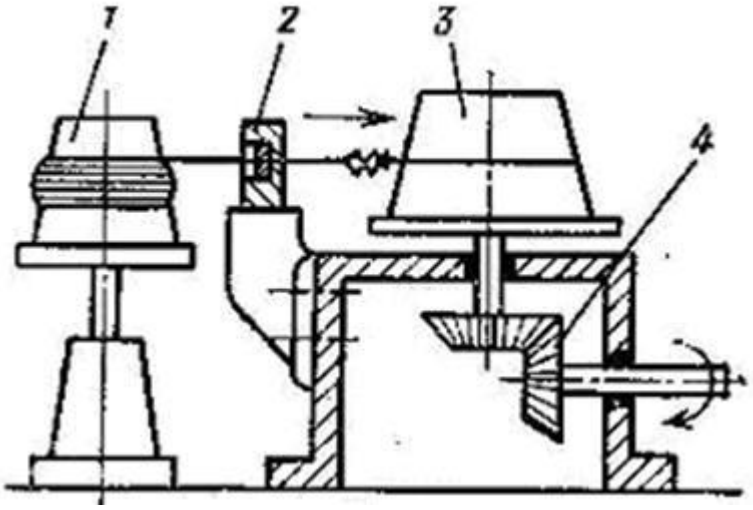
-отримання уточнених теоретичних залежностей для волочіння труб в ультразвуковому полі без оправки, на рухомий і на самоустановлювальні оправках;

- розробка методики розрахунку силових і деформаційних параметрів процесів волочіння на основі отриманих залежностей;

- розробка, виготовлення та промислове випробування ультразвукового вузла до волочильних станів;

- визначення оптимальної форми і геометричних параметрів самовстановлюються оправок з метою вибору раціональних умов переходу від волочіння на рухомій оправці до волочіння на самоустановлювальні оправці;

- розробка способу волочіння капілярних труб на самоустановлювальні оправці, технологічного вузла та визначення умов стабільного процесу волочіння капілярних труб.



1,3 – бухти, 2 – волока, 4 – редуктор

Рисунок 3.3 - Схематичне подання бухтового волочильного верстатного пристрою

Одним із шляхів інтенсифікації процесу волочіння на самоустановлювальні оправці є створення гідродинамічного режиму тертя. Запропоновані способи та пристрої для створення гідродинамічного ефекту на зовнішній і внутрішній поверхнях труби, проведено розрахунок течії мастила по оправці [33]. Ефект подачі

мастила може бути підвищений при її вібраційному підводі в осередок деформації [33].

Роботи [35,36,37] присвячені волочіння капілярних труб в режимі гідродинамічного тертя. Так, у роботі [35] розглянуто використання збірних волок і порошку натрієвого мила в якості технологічної мастила при волочінні труб з міді і сплаву АЛ96.

Авторами роботи [35] здійснено розрахунок нагнітаючої здатності робочої волоки для різних температур у смазочном шарі. При заданих параметрах збірної волоки і наступному аналізі можливості повного розділення поверхонь інструменту і протягиваемой труби визначаються або установки напірної волоки, або товщина шару мастила на вході в зону деформації. Конструкція збірних волок, використовуваних для волочіння на оправках з мінімальним діаметром до 0,5 мм, розглянута в роботі [36].

В роботі [37] розглядали протягом мастила не тільки на конічній поверхні, але і в зоні деформації труби. Було отримано умову рівноваги оправки, що враховує геометрію інструменту, швидкість волочіння, характеристики мастила і металу*, що протягують. Здійснивши розрахунки за отриманими залежностями, автори [37] провели аналіз умов для виштовхування оправки та встановленого волочіння і підтвердили експериментально розрахункові результати.

З аналізу розглянутих робіт, найбільш ефективною інтенсифікацією процесу волочіння капілярних труб є волочіння на самоустановлювальні оправці. Для практичної реалізації запропонованої технології потрібно вирішити наступні завдання: експериментально визначити геометричні параметри оправок, враховуючи рекомендації, викладені в розглянутих вище роботах; дослідити основні технологічні параметри процесу волочіння капілярних труб з нержавіючої сталі на самоустановлювальні оправці.

Крім розглянутих процесів оправочного і безоправочного волочіння, значний інтерес представляє технологія роздачі труб [31,32,38]. Передній кінець труби з закріпленої оправкою (конусом до роздається трубі) простягається без

використання волоки на волочильному стані, при цьому збільшується діаметр труби. Є теоретичні залежності, які дозволяють визначити зусилля роздачі [34]. В даний час процес роздачі волочінням застосовується тільки в особливих випадках для підвищення якості внутрішньої поверхні товстостінних труб, а також для калібрування при жорстких допуски на розмір внутрішнього діаметра [31].

3.3 Забезпечення точності геометричних розмірів малогабаритних трубок

Головною з основних характеристик заготовок алюмінієвих трубок є стабільність товщини стінки, яка визначає однорідність жорсткості трубок та їх деформаційне поведінку в процесі експлуатації.

Для оцінки статистичних характеристик товщіни стінки заготовок исследовалісь представницькі вибірки, як по довжині трубок, так і по їх периметру. Товщина стінок вимірювалася з точністю до 0,001 мм по окружній координаті трубки на кожній фіксованій ділянці з довжиною $\ell_к$ вздовж осьової лінії.

Проведені дослідження дозволили встановити, що зміна товщини стінки трубок h можна представити у вигляді комплексного співвідношення:

$$h(\ell) = h_\beta(\ell) + h_j(\ell) \qquad (3.1)$$

де ℓ - поточна координата по довжині трубки;

$h_\beta(\ell)$ - детермінована періодична функція;

$h_j(\ell)$ – випадкова функція з нульовим середнім, що задовольняє умовам ергодичності [26].

Детермінована періодична функція $h_\beta(\ell)$ є гармонічною і може бути представлена у вигляді постійної і періодичної компонент:

$$h_\beta(\ell) = h_0 + A \cdot \cos(\omega \cdot \ell + \psi), \qquad (3.2)$$

де h_0 – середня статистична товщина стінки є постійною; змінна компонента є періодичною і визначається параметрами:

A, ω, ψ – детермінованої амплітудою, круговою частотою і фазою коливань відповідно.

Кругова частота ω в рівнянні (11) визначається співвідношенням:

$$\omega = 2П/T , \qquad (3.3)$$

де T – період коливань.

Випадкова функція з нульовим середнім $h_j(\ell)$ представляється кореляційної функцією:

$$h_j(\ell_i) = D_h \cdot \exp\left(-j^2 \cdot \ell_i\right), \qquad (3.4)$$

де D_h – дисперсія товщини стінки; ℓ_i – відстань від розглянутої точки i; j – позитивна константа.

Статистична обробка результатів проведених вимірювань геометричних розмірів вихідних заготовок алюмінієвих трубок діаметром 8,0 мм і товщиною 0,5 мм із сплаву Д16Т дозволила встановити чисельні значення експериментальних постійних у функціях (3.2) – (3.4) :

$$A = 0{,}041 \text{ мм}; \; T = 80\text{мм}; \; D_h = 0{,}2676 \cdot 10^{-3}; \; k = 2{,}839; \; \varphi = 0. \qquad (3.5)$$

При без оправному волочінні з витяжкою 1,1 на першому переході спостерігається зміна параметрів у функціях (3.3) -(3.4) до значень:

$$A = 0{,}121 \text{ мм}; \; T = 96\text{мм}; \; D_h = 0{,}5876 \cdot 10^{-3}; \; k = 1{,}193; \; \varphi = 0. \qquad (3.6)$$

На другому переході волочіння на циліндричній закріпленої оправці з витяжкою 1,05 забезпечує виконання параметрів у функціях (3.3) - (3.5) у вигляді:

$$A = 0{,}012 \text{ мм};\ T = 104\text{мм};\ D_h = 0{,}0066 \cdot 10^{-3};\ k = 0{,}798;\ \varphi = 0. \quad (3.7)$$

Аналіз отриманих результатів свідчить про те, що при безоправочном волочінні величина зміни товщини алюмінієвих трубок зростає, а при оправочном волочінні на закріпленій оправці – знижується. Однак фактична стабілізація товщини стінки трубок призводить до викривлення осьової лінії, що обумовлено несиметричною зоною деформації в калібруючих філь'єрах [17,39].

Для відновлення прямолінійності осі трубки необхідно піддати її зворотної пластичної деформації. Базовий розмір зворотної деформації повинен відповідати періоду Т = 104 мм, а величина деформації розраховується у відповідності із співвідношенням:

$$\varepsilon_{\text{îáð}} = \frac{1{,}05\left(\mathrm{D_h}\right)^{0{,}5}}{\mathrm{A}}. \quad (3.8)$$

В процесі волочіння заготовок трубок формується деформаційна анізотропія структури металу, величина якої визначається методами, викладеними в роботі [26]. Деформаційна анізотропія реалізується за рахунок орієнтації і витяжки кристалітів вздовж осі волочіння [26,27]. Ступінь таких процесів залежить від значення стоншення стінки трубок і опади їх діаметра.

Прогнозування пружних і характеристик міцності алюмінієвих трубок в умовах формування структурної анізотропії можливе із застосуванням методів, представлених у роботах [26,27]. Підвищення жорсткості трубок і забезпечення їх геометричної точності досягається методом електрохімічного оксидування, при якому товщина оксидованого шару знаходиться в межах 10...50 мкм. Модуль пружності оксидованого шару досягає 4...5 ГПа, а мікротвердість становить 50...90

МПа. Високі характеристики механічних характеристик оксидних покриттів при їх товщині, що становить 10...15% від товщини стінки, істотно підвищують жорсткісні характеристики зазначених алюмінієвих трубок.

Висновки до розділу 3

1. Розроблена методика розрахунку кристалізатора, визначено вплив конструктивно-технологічних параметрів на мінімальну довжину кристалізатора для безперервного розливання трубок малого діаметру з алюмінієвих сплавів.

2. Методами статистичного аналізу встановлено кількісні параметри різнотовщинності стінок малогабаритних трубок як по окружній координаті, так і осьової лінії. Визначено умови вирівнювання осьової лінії для трубок прецизійної точності.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ І ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Загальні методи та підходи до безпеки трудового процесу

Технологічні процеси розливання-волочіння відбуваються у несприятливих умовах при впливі теплових випромінювань, пилових вихлопів, газів, шуму, вібрації, електричного струму та інших промислових шкідливих та небезпечних факторів. Нормативні показники шкідливостей та небезпек в умовах спільного процесу розливання-волочіння представлені в табл.3.1.

Плавильник зобов'язаний контролювати на виробничій ділянці стан обладнання, механізмів управління, водоохолоджуючої Контролювати такі параметри енергоресурсів:

- температури води на вході +32°С,

Таблиця 3.1 Основні небезпеки виробничого та трудового процесу

№ п/п	Фактори шкідливостей та небезпек	Нормативне значення	Фактичне значення	Клас шкідливості та небезпеки			Тривалість дії %
				I	II	III	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Хімічні речовини мг/м^3 *1 клас небезпеки* - ангідриди - озон	 0,01 0,1	 0,018 0,13	 10,8 0,3			80
	2 клас небезпеки оксиди нікелю оксиди марганцю	0,05 0,3	0,055 0,65	0			80
	3-4 клас небезпеки NOx CO SO2	 5,0 20,0 10,0	 4,5 13,0 18,0				80
	Пил фіброгенної дії, мг/м3	4,0	14,0		30,5		80
2	Вібрація, дБ	92	94	2			80%

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8
3	Шум, дБ	80	91		11		
4	Мікроклімат -температура, з ° - швидкість руху повітря, м/с - вологість повітря % -інфрачервоне випромінювання, Вт/м2;	19-13 не більше 0,6 75 140	25 0,2 33 31 00		6	2960	

Контролювати такі параметри енергоресурсів:

- температури води на зливі не більше+ 50 ° с,

- температури води на вході +32°С,

- температури води на зливі не більше+ 50 ° с,

- тискводи - 4 кг/см2,

- тиск аргону- 15 кг/см2,

- тиск повітря – 3,5 кг/см^2.

Контролювати перед заливкою ковша металом виконання таких операцій:

- перевірити цілісність гальма стоянки, труб подачі інертного газу, електроживлення, короткої мережі;

- перевірити працездатність установок приладів КВП;

-перевірити справність світлової, звукової сигналізації та блокувань;

- встановити скоби у футерованих осередках ями аварійного зливу металу.

Після підготовчих робіт виконується включення КПК. При включенні КПК потрібна обов'язкова присутність чергових електриків, механіків, енергетиків, працівників АСУТП.

Не дозволяється увімкнення нагріву металу без одночасної подачі аргону, що може спричинити перегрів шлаку. Не допускається приймати плавки з вагою

металу в ковші понад 67т. Перевантаження металу може призвести до викиду шлаку з ковша.

Перед встановленням ковша у вакуум-камеру для видалення газових включень необхідно виконати операції:

- перевірити працездатність елементів установки: вентилі, пневмоциліндри, занурювані фурми, блокування, вакуум шлюзи;

- виконати необхідні операції порожньої вакуум-камери;

- провести перевірку можливої течі та механічних пошкоджень на трубопроводах механізму підйому кришки вакуум - камери;

- провести перевірку цілісності прокладання ущільнювача на фланці вакуум-камери;

- перевірити цілісність аргонопроводу;

- підготувати днище вакуум-камери та місце встановлення ковша до прийому ковша;

- перевірити наявність зв'язку з пароежекторною, парогенераторною, пультом управління та лабораторією;

- перевірити працездатність аварійних сигналів з центральним пультом керування;

- після установки ковша у вакуум - камеру підключити аргонопровід та відрегулювати подачу аргону;

- виміряти величину вільного борту ковша.

Опустити кришку вакуум-камери, виміряти температуру металу, закрити клапан фурменних пристроїв та запустити процес вакуумування.

Спостерігати за перебігом вакуумування через оглядове вікно. При сильному спінюванні шлаку слід скинути вакуум.

Вакуумування закінчується натисканням кнопки "вимкнення вакуумування". Камера наповнюється повітрям до атмосферного тиску. Продування аргоном зменшується до витрати 20 - 30 л/хв.

4.2 Забезпечення захисту від впливу шкідливостей та небезпек у ливарно-розливному виробництві

Реконструкція існуючих електропечей з реалізацією повного укриття у спеціальний кожух забезпечить вирішення питань із шумом та газоочищенням.

Істотним заходом боротьби із шумом є заміна механічних агрегатів на аналогічні гідравлічні. На сучасних печах типу ДСП можлива заміна гідроприводу повороту та підйому зведення, механізму переміщення електродів. Монтаж різного технологічного обладнання, що викликає в процесі роботи шум, повинен передбачати балансування і ретельну врівноваженість частин, що рухаються.

Зменшення викидів газу та пилу з печі в період розплавлення металу необхідно забезпечити герметичність робочого простору, запустити діючі газоочищення.

4.3 Технічні можливості забезпечення гігієни праці тасанітарії

Індивідуальні засоби захисту застосовуються для локального захисту тіла, голови, рук, ніг, органів дихання, зору та слуху.

До засобів індивідуального захисту відноситься спецодяг. До тканин для спецодягу пред'являються особливі вимоги захисного і гігієнічного характеру.

Захисний одяг виконується з вовняного шинельного сукна, добре захищає тіло від впливу іскор і крапель розплавленого металу.

Захист очей від впливу шкідливих для зору інфрачервоних, ультрафіолетових та видимих променів великої яскравості досягається носінням спеціальних світлофільтрів, прикріплених до козирка каски.

Для захисту від шкідливого шуму використовуються спеціальні шумоізолюючі шоломи і антифони.

Практично на всіх підприємствах чорної металургії встановлено низку наступних форм навчання робітників та перевірки їх знань з техніки безпеки:

- вступний інструктаж з техніки безпеки для всіх, хто влаштується на роботу;

- інструктаж на робочому місці з контрольною перевіркою протягом 10 днів роботи за ступенем засвоєння правил техніки безпеки;

- періодичний повторний інструктаж з техніки безпеки для всіх працюючих на рідше двох разів на рік;

- щорічне складання іспиту з техніки безпеки всіма робітниками, які виконують відповідальні роботи;

- у новоприйнятих на завод знайомлять із загальними правилами техніки безпеки, внутрішнього розпорядку, із загальними протипожежними правилами та заходами особистої гігієни.

Інструктаж на робочому місці проводять начальники дільниць за програмою, розробленою для кожної професії. Від минулих інструктаж вимагають невмовного виконання інструкцій з техніки безпеки. Начальник дільниці зобов'язаний проводити повсякденну роботу з навчання та вимоги виконання робітниками безпечних прийомів праці.

Повторний інструктаж проводиться у строки, встановлені розпорядженням Головного інженера заводу. Проведення всіх видів інструктажів реєструється у спеціальному журналі.

4.3.1 Мікроклімат у виробничих приміщеннях

Мікроклімат металургійного цеху більшою мірою залежить від метеорологічних умов та температури навколишніх поверхонь.

З даних таблиці 3.1 слід, що температура повітря робочому ділянці становить 25°С нормативних значеннях 19-13°С, швидкість руху повітря 0,2 м/сек за норми трохи більше 0,6 м/сек і відповідає комфортному стану організму . У той же час щодо відносної вологості повітря 33% при нормі 75% та інфрачервоному випромінюванню 3100 вт/м^2 при нормі 140 вт/м^2, фактичні значення не відповідають нормі в межах 2,27 та 22,1 рази.

У літній період для полегшення віддачі тепла тілом робітника додатково вводиться місцевий приплив повітря від спеціальних вентиляційних установок. При обдуванні повітряним потоком бажане поєднання температури повітря 18-23°С зі швидкістю руху повітря 2-4 м/сек.

4.3.2 Очищення повітря в робочій зоні розливання-волочіння

Загальна запиленість. За розміром пилових частинок пил буває різних видів: частинки розміру менше 0,1 мк у вигляді диму, від 0,1 до 10мк – у вигляді хмари, понад 10мк – просто пил. Пил, що осідає на шкірі та слизових оболонках очей, найчастіше викликає роздратування та запалення шкірного покриву. Осілий на людину пил може викликати захворювання у вигляді пневмосклерозу, емфіземи легень. Встановлено таку граничну концентрацію пилу в повітрі цеху: за наявності 70% SiO2 - 1мг/м3; від 10 до 70% - 2мг/м3; менше 10% - 3-6 мг/м3; при змішаному пилу 2мг/м3.

В умовах діючого цеху пил фіброгенної дії становить 14,0 мг/м3 при допустимій нормі 4,0 мг/м3 і формується перевищення норми 3,5 разу.

Загазованість обумовлюється незадовільною роботою газоочисних установок під час плавлення та випуску металу. Навіть незначна кількість шкідливих випарів у вигляді оксидів вуглецю, що потрапляють в організм людини, можуть призвести до його інтоксикації, порушень вегетосудинної системи. Допустимі значення вмісту шкідливих речовин знаходяться в межах від 10 до 60 мг/м^3.

Шкідливі хімічні речовини 1-го та 2-го класу небезпеки (див. табл.3.1) в умовах діючого цеху перевищують нормативні значення в 1,1 - 2,1 рази, у тому числі: за ангідридами в 1,8 разів (при нормі 0,01 факт 0,018 мг/м3); по озону в 1,3 рази (при нормі 0,1 факт 0,13 мг/м3); за оксидами нікелю в 1,1 разів (при нормі 0,05 факт 0,055 мг/м3); за оксидом марганцю в 2,1 рази (при нормі 0,3 факт 0,65 мг/м3).

Вентиляція. Генеральне завдання вентиляції - це підтримання допустимих параметрів повітря в приміщенні. Така задача може бути вирішена різними

шляхами. Для звичайного приміщення з виділенням зайвого тепла підтримку необхідних умов можна забезпечити природним провітрюванням (аерацією), організацією повітрообміну за допомогою вентиляторів, подачею приміщення спеціально обробленого повітря. Застосовувані способи подачі та видалення повітря можуть бути різноманітними.

За способом руху повітря системи вентиляція поділяються на системи з механічним збудженням (із застосуванням вентиляторів, ежекторів та ін) та системи з природним впливом (з використанням природних сил - дії вітру та гравітації). При цьому вентиляція приміщення може здійснюватись через розгалужену мережу системи вентиляції або через отвори у зовнішніх огородженнях – безканальну вентиляцію.

4.3.3 Забезпечення вимог щодо освітлення робочих зон

Висвітлення виробничих приміщень повинно відповідати таким вимогам: достатньої освітленості на робочих поверхнях, високій якості, надійності, зручності управління та обслуговування, економічності спорудження та експлуатації, забезпеченню пожежної та електробезпеки.

Достатня освітленість на робочих поверхнях характеризується виконанням нормативних вимог, що встановлюють норми освітленості залежно від характеристики зорової роботи, яка визначається технологічною точністю, т.е. е. розміром об'єкта, що обробляється.

Природне освітлення у приміщенні створюється сонячним світлом через вікна та світлові отвори та поділяється на бічне, верхнє та комбіноване (верхнє та бічне). Бокове освітлення забезпечується через вікна та світлові отвори у стінах, верхнє – через світлові фрамуги в аераційних ліхтарях, комбіноване – одночасно через світлові отвори у стінах та аераційних ліхтарях.

За постійного перебування людей у виробничих приміщеннях загальне штучне освітлення забезпечується газорозрядними джерелами світла. Лампи

розжарювання використовуються в окремих випадках, за яких за умов технологічних процесів або навколишнього середовища використання газорозрядних джерел світла не допускається.

.

4.3.4 Захист від шумовібраційної дії

Шум є хаотичним поєднанням звуків під час роботи технологічних установок (електропечі, крани, вентилятори тощо. буд.). Надмірний шум впливає на здоров'я працюючих. Робота в умовах підвищеного шуму протягом робочого дня викликає втому слухових органів, напружує нервову систему. Допустимий рівень звукового тиску для робочих місць становить 80 ДБ, на робочому майданчику цеху він становить до 91 ДБ.

Вібраційне навантаження характеризується частотою, амплітудою, швидкістю та створюється внаслідок роботи підйомно-транспортного обладнання. При цьому спостерігається загальна вібрація, яка передається на організм людини із поверхні, на якій він знаходиться. Тривале перебування під впливом вібрації зумовлює вібраційну хворобу. Граничні значення величини вібрації повинні перевищувати 2/3 робочого дня не більше 92дб.

4.4 Безпечна експлуатація електроустановок

Електричний струм діє на рецептори, що передають подразнення центральній нервовій системі і можуть призвести до опіків. У випадках, коли дія струму виходить за межі витривалості центральної нервової системи, може настати глибоке гальмування із припиненням дії життєво важливих функцій серцевої діяльності та дихання. Результат ураження електричним струмом залежить від величини та напруги струму, що проходить через організм, опору організму проходженню струму, тривалості впливу струму, частоти струму.

Гранично допустимі значення сили струму 0,6 – 1,5 мА, при змінному струмі 50 – 60 Гц – легке тремтіння пальців, 5 – 10 судом рук, 20-25-параліч рук, утруднене дихання, сильні болі.

Забезпечення безпеки обслуговування електропічних установок базується на виконанні наступних заходів:

- захист від небезпеки ураження струмом при дотику до струмоведучих частин;

- захист від небезпеки ураження струмом при дотику до обладнання, що опинився під напругою внаслідок пробитої ізоляції.

Усі оголені струмопровідні частини електроустановок повинні бути захищені бар'єрами або сітчастими огорожами. При цьому відстань від голих струмопровідних частин до огородження має бути не менше 22,5 см для установок до 10 кВ та не менше 80 см для мереж 35 кВ.

Трансформаторне приміщення має закриватися на замок.

Гнучкі кабелі, що подають струм до електродів печі при найнижчому положенні електродотримачів повинні бути на висоті не менше 1,5 м від робочого майданчика печі. Прохід під ними заборонений і повинен бути перекритий постійним бар'єром із плакатом "Стій! Небезпечно для життя".

При перемішуванні розплаву металу в печі необхідно, щоб залізний скребок стикався з металевим ломиком, що лежить на гребінці робочого вікна. У цьому випадку зіткнення з металом ванни через залізний скребок для людини не є небезпечним, оскільки напруга дотику незначна. Розплав металу ванни, у разі, є нейтральною точкою дугового навантаження трансформатора.

Найбільш небезпечною є поява напруги на металевих частинах електропічної установки та апаратури управління. У такому разі захист від ураження електричним струмом забезпечується захисним заземленням, зануленням та застосуванням ізоляційних підставок. Захисне заземлення у разі пошкодження ізоляції знижує напругу приймача струму до безпечної величини.

В електричних установках виконується заземлення металевого кожуха електропечі, апаратів управління та електродвигунів, якщо вони живляться від мережі із заземленим нулем силового трансформатора. Для надійності кожух печі заземляється гнучким тросом.

При заземленому нулі силового трансформатора замість захисного заземлення двигунів та апаратів керування застосовують захисне занулення. З цією метою нуль силового трансформатора, що заземлює, приєднується до металевих частин. У цьому випадку при пошкодженні ізоляції будь-якої фази станеться коротке фазне замикання і пошкоджене обладнання автоматично відключається від мережі.

Плавільник повинен перевірити факт відключення високовольтного вимикача трасформатора по сигнальному світловому табло, вклеченому на напругу пічного трансформатора. Світлове табло є двостороннім із написами на кожній стороні. Напис на верхній частині табло "піч включена" та освячується червоним кольором, нижній частині - "піч відключена" та освячується зеленим кольором. Спеціальна світлова сигналізація, що попереджає про нахил печі, встановлюється над робочим майданчиком та під піччю з боку розливного прольоту.

Заземлювачі бувають як штучними, так і природними.

У якостітвоє штучних заземлювачів використовують вертикально забити в землю куточки довжиною 2,5 - 3,0 м і горизонтально прокладені сталеві смуги, які служать для зв'язку вертикальних заземлювачів шляхом зварних з'єднань.

В даний час застосовуються поглиблені до 5м заземлювачі діаметром 12 - 14мм, що вкручуються в грунт за допомогою ручного заглиблювача, що електрифікується. Завдяки проникненню електродів у глибокі шари ґрунту з підвищеною вологістю знижується питомий опір.

Як природні заземлювачі використовуються прокладені в землю сталеві водопровідні труби, труби артезіанських свердловин, сталева броня силових кабелів, прокладених у землі, металоконструкції будівель та споруд, що мають надійне з'єднання із землею.

Не допускаються використовувати як природні заземлювачі трубопроводи горючих рідин, горючих або вибухових газів, алюмінієві провідники та кабелі, прокладені в тунелях, каналах.

Для зниження трудових і фінансових витрат на встановлення заземлювальних пристроїв насамперед рекомендується використовувати природні заземлювачі.

В установках напругою вище 1000В з великими струмами замикання (більше 500 А) переріз заземлювальних провідників має бути достатнім для протікання струмів однофазного замикання на землю, при якому температура провідників, що заземлюють, не перевищить 400°с.

У установках напругою до 1000 В з малими струмами замикання (менше 500А) перетин заземлювальних провідників вибираються за тривалим допустимим навантаженням. Площа перерізу заземлюючих провідників має становити не менше 1/3 перерізу фазних проводів. Практично завжди достатні такі перерізи: 120 мм^2 – для сталі, 35 мм^2 – для алюмінію, 25 мм^2 – для міді.

Для вибухонебезпечних приміщень струм однофазного короткого замикання повинен перевищувати не менше ніж у 4 рази струм плавкою вставки найближчого запобіжника.

При проведенні розрахунку заземлювального пристрою визначаються тип заземлювачів, їх кількість та місце розміщення, а також переріз заземлювальних провідників. Розрахунок проводиться для очікуваного опору заземлювального пристрою відповідно до вимог ПУЕ. За вимогами ПУЕ рекомендується визначати питомий опір ґрунту шляхом безпосередніх вимірів у місці розміщення заземлювачів.

При розрахунках необхідно враховувати сезонні коливання питомого опору грунту. Навесні та восени опір нижче, ніж взимку та влітку. Збільшення питомого опору землі в зимовий та сухий літній час враховується із застосуванням коефіцієнтів підвищення. Величина коефіцієнтів підвищення залежить від вологості грунту під час вимірів і кількості опадів, що випали безпосередньо перед вимірюваннями.

4.5 Заходи безпеки в умовах розливання-волочіння заготовок

Технологічні процеси на металургійній ділянці відносяться до категорії Г (пожежонебезпечні) - у цих приміщеннях знаходяться негорючі речовини та матеріали у розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, розплавлених іскор, полум'я, твердих, рідких або газоподібних речовин, що спалюються або утилізуються. як паливо.

Складські приміщення з пожежної небезпеки належать до категорії Д (пожежонебезпечні). У них знаходяться негорючі речовини та матеріали у холодному стані. Металургійні цехи у відповідність до ПУЕ щодо пожежної небезпеки відноситься до класу П - II, за вибухонебезпечністю до класу – I А.

Допустима тривалість евакуації трудового складу залежить від часу досягнення критичних для людини умов: критичної температури (60^0с), зниження концентрації кисню, задимленості. Швидкість руху людей за вимушеної евакуації становить 16 м/хв.; для руху сходами вниз до 10 м/хв., верхньому напрямку до 8 м/хв. Питома пропускна спроможність дверей і сходів завширшки до 1,5 м - 50 чол./(хв), а шириною 1,5 - 2,4 м - 60 чол/(хв). Число виходів має бути не менше двох.

Гасіння пожеж провадиться первинними засобами пожежогасіння. Для гасіння пожежі категорії Г зразкова кількість засобів пожежогасіння встановлюється у вигляді та кількості:

1. вогнегасникина 50 м^2 підлоги:

- ручні вуглекислотні ОУ-5 - (один),
- піні ОХП-10 - (два)

2. пожежний інвентар та інструмент:

- ящик з піском - (один)
- повсть - (одна)
- кошма або азбест - (один аркуш).

Система електричної пожежної сигналізації складається з: приймальної станції, розташованої в приміщенні чергового пожежної команди, лінійних

проводів та датчиків (сповіщувачів), що встановлюються усередині або зовні будівлі. Автоматичні пожежні датчики в залежності від фактора, що відображається, поділяються на такі групи: димові, що реагують на появу диму; теплові, що реагують на підвищення температури повітря довкілля; світлові, що реагують на появу та випромінювання полум'я; комбіновані, що реагують на тепло та дим.

Для захисту від блискавки виробничих будівель, в приміщеннях яких можливе утворення вибухонебезпечних газо-, пило-, і паро-повітряних сумішей і наявність інших горючих речовин і матеріалів, застосовують окремо ізоляційні від будівель громовідводи стрижневого типу. Громовідведення розташовуються рівномірно за площею горизонтальної проекції будівлі. Кожен із громовідводів має окремий заземлювач перетином не менше 35 $м^2$ із круглої або смугової сталі. Облаштування блискавкозахисту регламентується вказівками щодо проектування та облаштування блискавкозахисту будівель та споруд.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проведено всебічний аналіз методів волочіння малогабаритних труб, розглянуто процеси волочіння на закріплених оправках, на рухомих оправках, на самовстановлюваних оправках та безоправочне волочіння.

2. Розглянуто широко застосовувані сплави на основі алюмінію, представлений їх хімічний склад, технологічні особливості технології розливання та деформаційної обробки, умови та напрямки застосування.

3.Представлено основні напрями вдосконалення всіх видів технологій та їх переділів в умовах виробництва малогабаритних труб.

4. Розглянуто методи та підходи до процесів плавки та розливання розплавів металів. Проведено оцінку неперевершених методів розливання, показано їх переваги, недоліки та умови застосування.

5. Запропоновано схему встановлення безперервного розливання-волочіння горизонтального типу із забезпеченням закінчення розплаву при постійному тиску.

6. Розроблено методику розрахунку кристалізатора, визначено вплив конструктивно-технологічних параметрів на мінімальну довжину кристалізатора для неперервного розливання трубок малого діаметру з алюмінієвих сплавів.
7. Методами статистичного аналізу встановлено кількісні параметри різнотовщинності стінок малогабаритних трубок як по окружній координаті, так і осьової лінії. Визначено умови вирівнювання осьової лінії для трубок прецизійної точності.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННННЯ

1. Паршин В.С., Фотов А.А., Алешин В.А. Холодное волочение труб. Металлургия, 1979. С. 239 с.

2. Nippon Steel and Sumitomo Metal (2015) *Rails*. http://www. nssmc.com/product/catalog_download/pdf/K003en.pdf.

3. Цирульников В.А. Новые процессы в трубном производстве. *Прокатное и волочильное производство*, 1973. Т.6. С. 72-85.

4. Kayda P., Medovar L., Polishko G., Stovpchenko G. ESR Possibilities to improve railroad rail steel performance. Procesing of 9th Intern. Conf. on Clean Steel, Budapest, Hungary, September 8–10, 2015. С. 123-127.

5. Минаков В. С. Моделиювание, разработка технологии и расчет параметюв установки непрерьюного литья и деформации для получения листа из алюминия. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. 2006. С. 22.

6. Северденко В.П., Петренко В.В. Изменение внешнего трения при свободной осадке стали в ультразвуковом поле. БССР, 1970, XIV. № 6. С. 514-516.

7. Северденко В.П., Клубович В.В. Деформация металла в ультразвуковом поле. БССР. 1961. № 1. С.15-17.

8. Медовар Л. Б, Стовпченко А.П., Сибирь А. В., Волченков Е. А. Моделирование непрерывной розливки комбинированным процессом МНЛЗ + ЭШП. *Металл и литье Украины*, 2017. № 4 (129). С.3-7 .

9. Смирнов А. Н. 50 лет непрерывной разливке стали в Украине. *Металл и литье Украины*, 2010. №7. С.3-8.

10. Медовар Л. Б., Стовпченко А. П., Кайда П. Н. и др. Новый подход к улучшению качества заготовки для производства высокопрочных рельсов. *Современная электрометаллургия*, 2016. №1, С.7–15.

11. Рябов Д.К.Изменение механических свойств листов из сплава 1913 при введении скандия / Д.К. Рябов, Н.И. Колобнев, А.Я. Кочубей, А.В. Заводов. *Авиационные материалы и технологии*, 2014. №4. С.3-8.

12.Рохлин Л.Л., Добаткина Т.В., Королькова И.Г., Болотова М.Н. Исследование совместного влияния скандия и хрома на структуру и механические свойства алюминия и его сплавов с магнием. *Материаловедение и термическая обработка*, 2008. №3. С. 115–119.

13. Григорьев М.В., Антипов В.В., Вахромов Р.О. Структура и свойства слитков из сплава системы Al–Cu–Mg с микродобавками серебра . *Авиационные материалы и технологии*, 2013. №3. С. 3–6.

14. Медовар Л. Б., Стовпченко А. П., Кайда П. Н. та ін. Новий підхід до поліпшення якості заготовки для виробництва високоміцних рейок. *Сучасна електрометалургія*, 2016, № 1. С. 7-15.

15. Kayda P., Medovar L., Polishko G., Stovpchenko G. ESR Possibilities to improve the rail steel performance. Procesing of 9th Intern. Конф. on Clean Steel, Budapest, Hungary, September 8-10, 2015.

16. Смирнов А. Н. 50 років безперервного розливання сталі в Україні. *Металл і литво України*, 2010. № 7. С.3-8.

17. Хахалин Ст. Д. Труболитейное виробництво / В. Д. Хахалин, в. І. Семко, А. Н. Смоляков, А. С. Черезов, Н.М. Бічний. *Металургія*, 1977. С. 224.

18. Виробництво сталевих труб на заводах об'єднання «Сосьєте Валлурек» (Франція) // Бюлл. ЦНІІЧМ. 1973. № 19. С. 18-32.

19. Ячменьов А. Н., Толстіков Р. М., Альошин Ст. А. Перспективи розвитку виробництва труб малого діаметру на ПНТЗ. *Сталь*, 1994. №4. С. 48 - 50.

20. Минтаханов М. А., Виноградів Ю. В., Романцев Б. А. Малий трубопрокатний агрегат. *Сталь*, 1996. №5. С. 45 – 48.

21. Бондаренко С. В. Дослідження залежності температури і ступеня деформації тонких ділянок профільованих смуг при валковою розливанні-прокатці з додатковим тепловим опором / С. В. Бондаренко, А. Ю. Грідін, М. Шапер //

Обробка матеріалів тиском: збірник наукових праць, 2017. Краматорськ: ДДМА. № 1(44). С. 89-95.

22. Гун Р. Я. Математичне моделювання процесів обробки металів тиском. *Металургія*, 1983. 382 с.

23. Собачкин В. О. Моделювання тертя при волочінні труби на самоустановлювальні оправці / С. С. Собачкин, В. М. Душкін. *Чорна металургія*, 2006. №2. С. 17-19.

24. Палтиевич, АР. Отримання виробів із заданим комплексом механічних свійств в процессах обробки металів тиском з застосуванням методів математичного моделювання / АР. Палтиевич // *Технологія машинобудування*, 2008. №8. С. 60-63.

25. Ісаченко В. П., Осипова Ст. А., Сукомел А. С. *Тепловіддача. Енергія*, 1981. С. 416.

26. Адамеску Р. А., Гельд П. В., Митюшов Е. А. Анізотропія фізичних властивостей металів. *Металургія*, 1985. С. 235.

27. Скачков В.А. Деформационная анизотропия и разрушение при сложном нагружении композиционных материалов триботехнического типа. *Обработка материалов давлением. Сборник научных трудов*, 2013. Краматорск: ДГМА.№ 1(34). С.165-169.

28. Патент № 113368 Україна, МПК (2006.01) B22D 11/06, B22D 11/10 Пристрій для валкової розливкі- прокатки профільованих штаб / Гридін О. Ю. (UA), Огінський Й.До. (UA), Бондаренко С. В. (UA), Шапер М. (DE); заявник та патентовласник Національна Металургійна Академія України. – № 201600100; Заявл. 04.01.16. Опубл. 10.01.17, Бюл. №1. 5с.

29. Троїцький Ст. А., Железнов Ст. А. Металургія алюмінію. Металургія, 1984. 400 с.

30. Романцев Б. А., Шаманаев в. І., Высокосов А. Р. Дослідження технології одержання гарячекатаних труб малого діаметра . *Сталь*,1991. № 11. С. 53-55.

31. Авторське свідоцтво № 537726. Данилов Ф. А., Фотов А. А., Дуев В. Н., Паршин В. С., Моїсеєв Р. П. Відкриття. Винаходи. Промислові зразки. Товарні знаки, 1976. 24 с.

32. Смирнов В.Г., Аляев Р. А., Гун Р. Я. Осесиметрична задача теорії пластичної течії при обтисненні, роздачі і волочінні труб. Известия Вузів, 1961. С. 89-98.

33. Паршин В. С., Фотов А. А., Альошин Ст. А. Холодне волочіння труб. *Металургія*, 1979. 239 с.

34. Гордєєв В. П., Ковалевський М.Р. Авторське свідоцтво № 486831. Відкриття. Винаходи. Промислові зразки. Товарні знаки, 1975, № 37. 30 с.

35. Біск М. Б., Швейкин С. С. Волочіння труб на самоустановлювальні оправці. Металлургіздат. 1963. 120 с.

36. Біск М. Б. Гріхів Ї.А., Славін В. Б. Холодна деформація сталевих труб. Частина І. Металлургіздат. 1976. 230 с.

37. Колмогоров Р. Л. , Бояркін в. І., Мишунин В. М. Волочіння капілярних труб в режимі гідродинамічного тертя. *Цветные метали*, 1974. № 9. С. 51 – 53.

38. Степаненко А. В., Запорожченко В. С. Розрахунку напруження волочіння труб на рухомій оправці з ультразвуком. Повідомлення 2. *Известия Вузів,* 1979. № 2. С. 84-88.

39. Шевакин Ю. Ф., Чернявський А. А., Ламін А. Б. Інженерний метод розрахунку зміни товщини стінки при безоправочном волочінні труб. *Известия Вузів*, 1964. № 5. С. 104-108.

40. Алиева С.Г., Альтман М.Б., Амбарцумян С.М. и др. Промышленные алюминиевые сплавы: Справочник.Металлургия. 1984. 527 с.

41. Елагин В.И. Легирование деформированных алюми-ниевых сплавов переходными металлами. Металлургия. 1975. 435 с.

42. Рябов Д.К., Колобнев Н.И., Самохвалов С.В., Вахро-мов О.В. Изменение механических и коррозионных свойств сплава 1913 при искусственном старении // *Вопросы материаловедения*, 2013. №4 (76). С. 24–29.

43. Рябов Д.К., Колобнев Н.И., Махсидов В.В., Фомина М.А. О стабильности пересыщенного твердого раствора листов сплава 1913 при закалке. *Металлургия машиностроения*, 2012. №3. С. 30–33.

44. Рябов Д.К., Колобнев Н.И., Самохвалов С.В., Махсидов В.В. Влияние предварительного естественно-го старения на свойства сплава 1913 в искусственно состаренном состоянии. *Авиационные материалы и технологии*, 2013. №2. С. 8–11.