Міністерство освіти і науки України
Запорізький національний університет
Кафедра «Металургії»

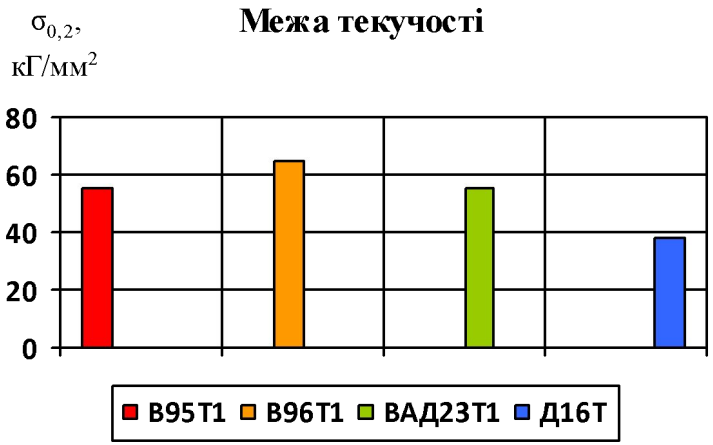
КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

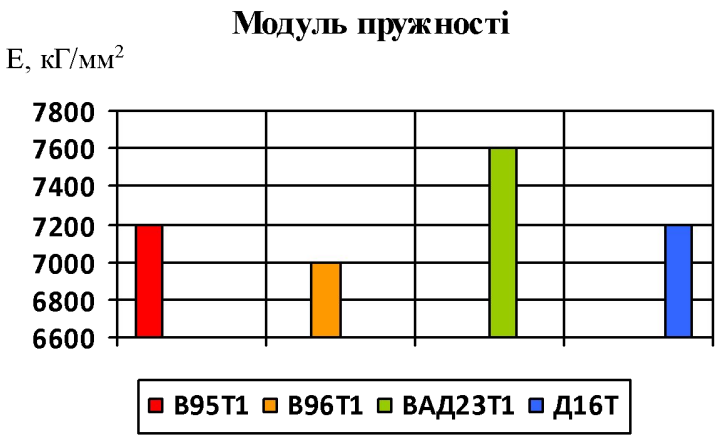
на тему: **«Аналіз технології отримання трубок прицезійної якості»**

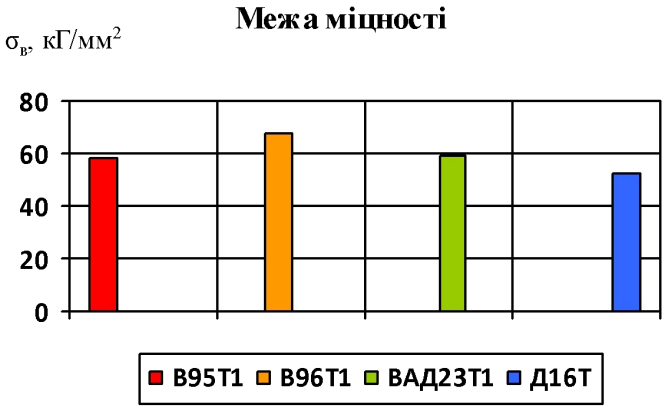
Виконав: студент гр. МЕТ-18-1мд
Білогуров Е.В.

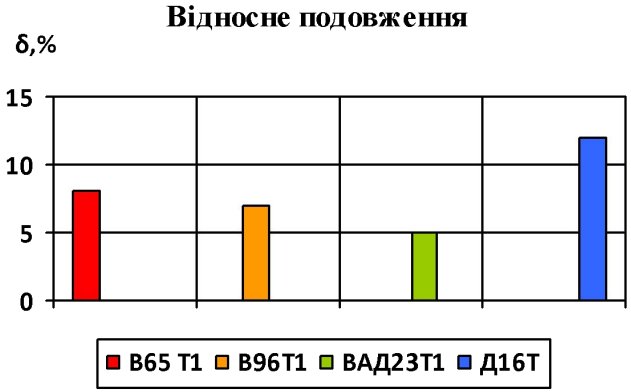
Керівник роботи: д.т.н., професор
Скачков В.О.

Властивості алюмінієвих високоміцних сплавів

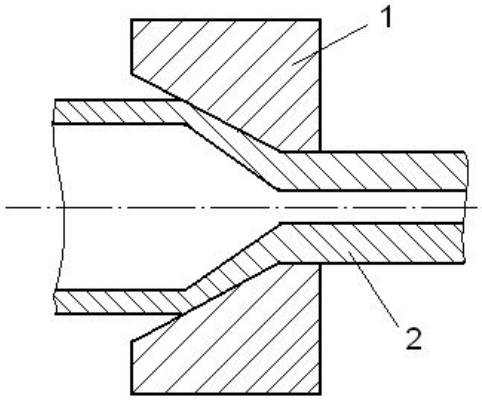






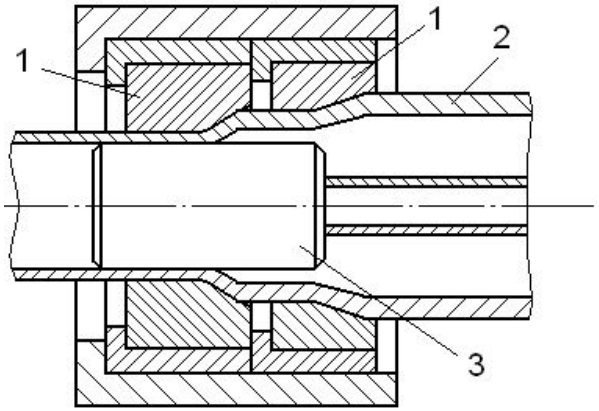


Волочіння труб без оправки



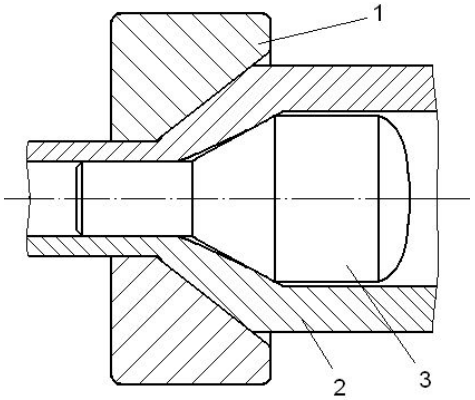
1 – волока; 2 – труба

Волочіння труб на нерухомій оправці



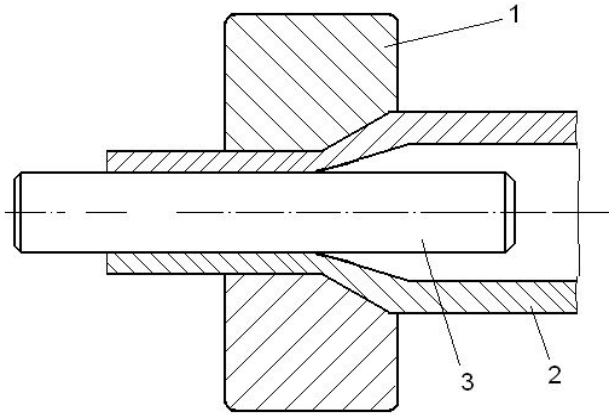
1 – волока; 2 – труба 3 – нерухома оправка

Волочіння труб на самовстановлюючій оправці



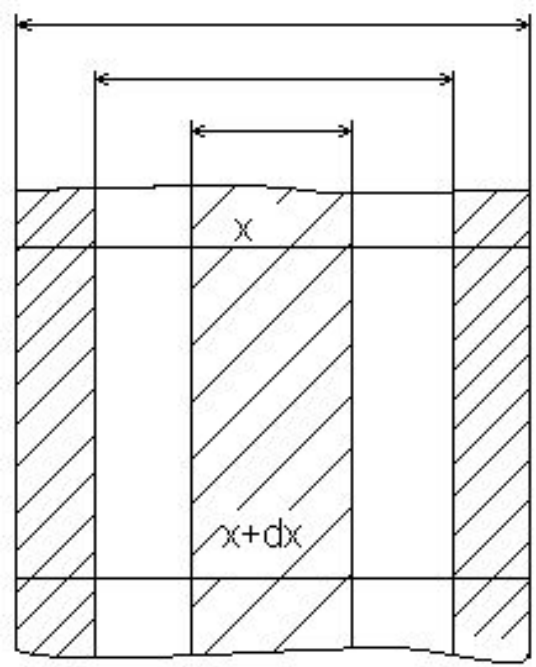
1 – волока; 2 – труба
3 – самовстановлююча оправка

Волочіння труб на рухливій оправці



1 – волока; 2 – труба 3 – рухлива оправка

Розрахункова схема кристалізації



$$Q_x - Q_{x+dx} = dQ, \qquad (1)$$

Q_x, Q_{x+dx} – вступ і віддача тепла в перерізі x і x + dx;
dQ – відведення тепла через бічну поверхню кристалізатора

$$dQ = \frac{\pi(t_р - t_в)dx}{\frac{1}{\alpha_{жт} d_1} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_{тв} d_2}}. \qquad (2)$$

$$Q_x - Q_{x+dx} = \frac{\pi d_1^2}{4} \cdot C \cdot \rho \cdot W \frac{dt}{dx} + \alpha_{ст} \pi d_{ст} \left(t_{ст} - t_ж\right) dx. \qquad (3)$$

C – теплоємність поточного розплаву;
ρ – щільність розплаву;
W – лінійна швидкість течії розплаву (швидкість втягу трубки)

$\alpha_{ст}$, $\alpha_р$, $\alpha_{тв}$ – коефіцієнти тепловіддачі від розплаву до стержня і до кристалізатора, і від кристалізатора до зовнішнього середовища;

λ – коефіцієнт теплопровідності матеріалу кристалізатора;

$t_р$, $t_{ст}$, t_{c1}, t_{c2}, $t_в$ – температура розплаву, стержня, внутрішній, зовнішній поверхні кристалізатора і довкілля відповідно;

d_1, d_2, d_3 – відповідно внутрішній і зовнішній діаметр кристалізатора, а також діаметр стержня.

d_1, d_2, d_3 – внутрішній і зовнішній діаметр кристалізатора, діамер стержня.

$$t/_{x=0} = T_р \qquad (4)$$

Рішення рівняння (3) з урахуванням (4), запишеться у виді

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

$$t_{ст} = T^{ст}_{пр} e^{-\sqrt{\left(\frac{4\alpha_{ст}}{\lambda_{ст}}-1\right)}\,x} \qquad (5)$$

$$D = \frac{4}{c\cdot\rho\cdot W\left(d_1^2 - d_{ст}^2\right)} \qquad K = \frac{1}{\alpha_р d_1} + \frac{1}{2\lambda_к}\ln\frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_{тв} d_2}$$

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

$$X_{кр} = -\frac{C\cdot\rho\cdot W}{4}\ln\frac{t_{кр}-t_в}{T_к - t_в}. \qquad (6)$$

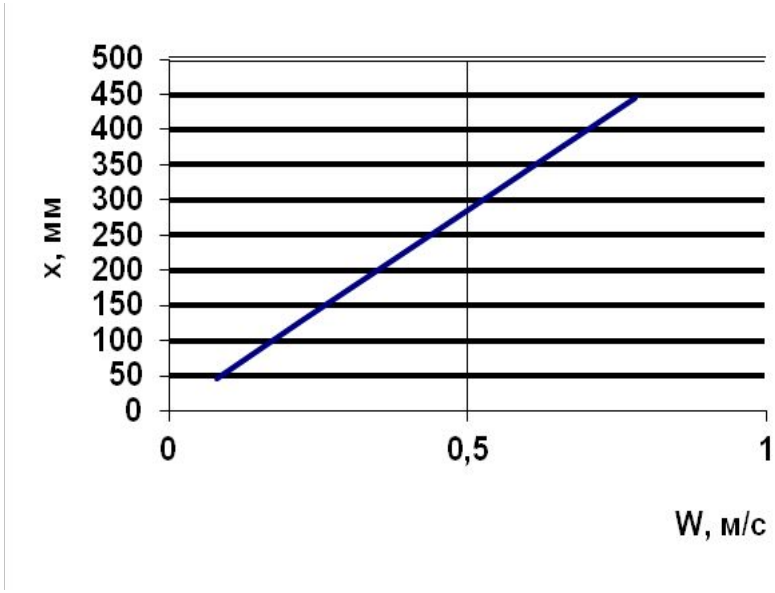
Таблиця 1 - Основні параметри системи розплав-кристалізатор

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

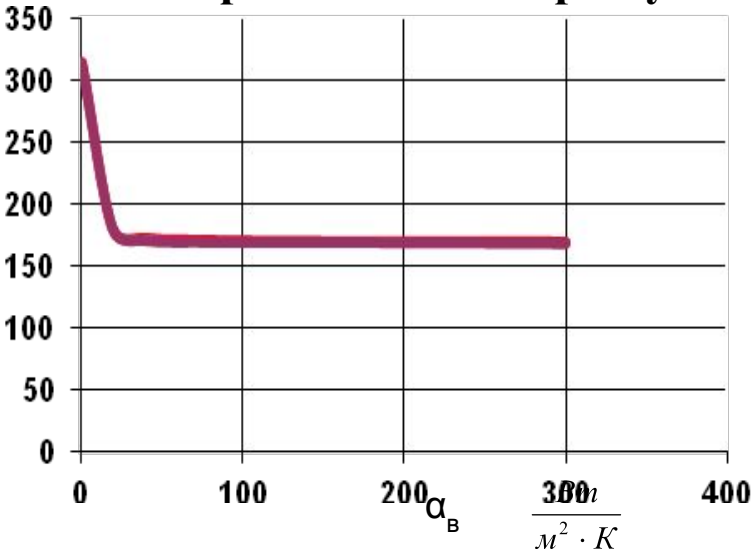
Таблиця 2 - Залежність мінімальної довжини кристалізатора від коефіцієнтів тепловіддачі $\alpha_{тв}$ і теплопровідності матеріалу кристалізатора λ

Коефіцієнт тепловіддачі $\alpha_{тв}$, $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$	Довжина кристалізатора, x (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

Залежність довжини кристалізатора від лінійної швидкості течії розплаву



Залежність мінімальної довжини кристалізатора від коефіцієнтів тепловіддачі $\alpha_{тв}$ і теплопровідності матеріалу



Оцінка точності товщини трубок описується функцією

$$b(l) = b_\beta(l) + b_j(l) \qquad (1)$$

l - поточна координата по довжині трубки;
$b_\beta(l)$ - періодична функція;
$b_j(l)$ - випадкова функція з нульовим середнім, яка задовольняє умовам ергодичності.

Періодична компонента $b_\beta(l)$ бути представлена у виді

$$b_\beta(l) = b_o + A\cdot\cos(\omega\cdot l + \varphi), \qquad (2)$$

b_o - статистична середня товщина стінки, враховується тільи для розрахунку кількості переходів і не впливає на стабільність товщини трубок;
A, ω, φ - відповідно детермінована амплітуда, кругова частота і фаза повторюваності, $\omega = 2\pi/T$, T - період коливань.

Випадкова компонента $b_j(l)$ характеризується кореляційною функцією

$$b_j(l) = D_h\cdot exp(-k^2\cdot l_i), \qquad (3)$$

D_h - дисперсія товщини стінки;
l_i - відстань від даної тчки i;
k - позитивна константа.

Статистична обробка результатів отриманих вимірів для загоівель алюмінієвих трубок діаметром 8,0 мм і завтовшки стінки 0,5 мм із сплаву Д16Т дозволила встановити значення параметрів функцій (2)-(3):

$$A = 0{,}041\text{мм};\ T = 80\text{мм};\ D_h = 0{,}2676\cdot10^{-3};\ k = 2{,}839;\ \varphi = 0 \qquad (4)$$

При безоправочному волочінні $A = 0{,}121$мм; $T = 96$мм; $D_h = 0{,}5876\cdot10^{-3}$; $k = 1{,}193$; $\varphi = 0$. (5)

Волочіння на закріпленій оправці $A = 0{,}012$мм; $T = 104$мм; $D_h = 0{,}0066\cdot10^{-3}$; $k = 0{,}798$; $\varphi = 0$. (6)

Модулі пружності Е алюмінієвих трубок по переходах волочіння

Вид обробки трубки	**Середнє значення *E*, ГПа**	**Коефіцієнт варіації, *I*, %**
Початкова заготівля	9,44	6,10
Волочіння на оправлянні, що рухається, з витягом ν=1,27	10,51	3,90
Волочіння на оправлянні, що рухається, з витягом ν=1,34	11,19	2,30

Вигин трубок за триточковою схемою навантаження

Зовнішній діаметр, мм	**Середня товщина стінки, мм**	**Товщина анодного покриття, мм**	**Вигин, мм**
5,950	0,360	0	12,61
5,970	0,383	0,025	11,06
6,840	0,420	0	10,50
6,850	0,441	0,030	9,60

ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано характеристики пеків – зв’язуючого для виробництва електродів та їх вплив на властивості «зелених» заготовок.

2. Обґрунтовано використання компонентів засипки для карбонізації заготовок. Представлено роль та значення засипки для процесу карбонізації. Надано аналіз схем завантаження багатокамерних кільцевих печей в процесі карбонізації.

3. Встановлено фізико – механічні процеси в умовах підйому температури при карбонізації заготовок електродів. Визначено вплив температурно – часових процесів на формування властивостей карбонізованих заготовок електродів.

4. Проведено оцінювання виділення газоподібних летючих в процесі карбонізації та їх утилізація.

5. Проведено дослідження способів нагріву електродних заготовок в процесі карбонізації. Встановлено механізми підводу тепла до заготовок через засипку від факелу горілок природного газу під склепінням печі та від нагрітих стінок камер печі.

6. Представлено характеристики температурних полів по об’єму камери при зовнішньому та внутрішньому підводі тепла. Встановлено вплив температури процесу карбонізації на вихід низькомолекулярних летючих, пористості та щільності карбонізованих заготовок електродів.

7. Проведено аналіз потенційно шкідливих і небезпечних чинників виробничого середовища цеху карбонізації заготовок. Проведено розрахунок блискавкозахисту приміщень і споруд цеху карбонізації заготовок, розроблена схема і встановлені параметри вузлів і елементів системи блискавкозахисту

Дякую за увагу!