

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДОНБАСЬКА ДЕРЖАВНА МАШИНОБУДІВНА
АКАДЕМІЯ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до практичних занять з дисципліни
«Механічне обладнання металургійних заводів»
(обладнання прокатних цехів)

ЗАНЯТТЯ № 8-15

Розглянуто і схвалено
на засіданні кафедри автоматизованих
металургійних машин та обладнання
Протокол № 16 от 09.10.2019

УДК 669.1

Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Механічне обладнання металургійних заводів» (устаткування прокатних цехів) для студентів спеціальності 133 «Галузу машинобудування» Заняття № 8-15 / Укл. Добронос Ю.К.- Краматорськ: ДДМА, 2019. - 50с.

Методичні вказівки призначені для студентів, що навчаються за фахом «Металургійне обладнання».

У них викладені основні теоретичні відомості по темі заняття з посиланнями на літературу, методика розрахунків елементів конструкцій машин прокатних цехів, а також контрольні питання з підготовки до занять.

Укладач

Добронос Ю.К., доцент

Відп. за випуск

Добронос Ю.К., доцент

Практичне заняття №8

Вивчення конструкції та розрахунок ножиць з паралельними ножами
(2 години)

8.1 Ціль заняття: вивчити конструктивні особливості ножиць з паралельними ножами і набути практичні навички з розрахунку вузлів ножиць.

8.2 Теоретичні відомості

Ножиці з паралельними ножами застосовують для поперечного розрізування гарячого металу: блюмів, слябів, сортових заготовок прямокутного перетину. Застосовують їх також для холодного різання профілів за допомогою фасонних ножів. У цих ножиць ріжучі країки ножів паралельні один одному.

Процес різання складається із трьох періодів (рис.8.1,в):

1 Вминання ножів у метал. При цьому сила на ножі поступово збільшується до максимального значення P_{\max} . Тривалість цього періоду характеризується коефіцієнтом ε_B , рівним відношенню глибини впровадження ножів у метал при

вминанні Z_e до вихідної висоти перетину металу: $\varepsilon_B = \frac{Z_e}{h}$.

2 Власне різання (зрушення металу на площині різання); при цьому сила різання зменшується в міру зменшення висоти (площі) перетину металу.

3 Сколювання (відрив) перетину нерозрізаної частини, що залишилася. Момент закінчення власне різання й початку сколювання (відриву) характеризується коефіцієнтом надрізу ε_H , рівним відношенню глибини впровадження ножів наприкінці різання Z_H (початок відриву) до вихідної висоти перетину металу,

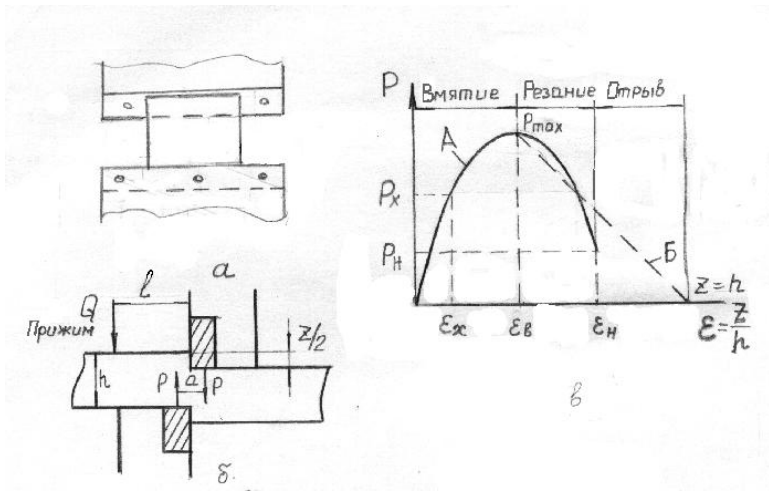
тобто $\varepsilon_H = \frac{z_H}{h}$.

Максимальна сила різання паралельними ножами наприкінці періоду вминання дорівнює силі в момент початку різання (зрушення) металу по площині різання, тому можна вважати, що

$$P_{\max} = \tau_{\max} F_{\text{різ}} = k_1 \sigma_e F_{\text{різ}}, \quad (8.1)$$

де τ_{\max} – максимальний дотичний опір при різанні (зрушенні) металу;

k_1 – коефіцієнт, що дорівнює відношенню максимального опору зрізу до порогу міцності,



А – експериментальна крива; Б – пряма на ділянці власне різання

Рисунок 8.1 - Схема різання металу на ножицях з паралельними ножами (а, б) і вимір сила на ножі (в) залежно від глибини впровадження ножів $\epsilon_x = \frac{z_x}{h}$.

$$k_1 = \frac{\tau_{max}}{\sigma_B} = 0,6 \dots 0,7 :$$

для м'яких металів – $k_1 = 0,7$,

для твердих металів – $k_1 = 0,6$;

$F_{риз}$ – перетин металу в момент закінчення вмивання ножів (початок власне різання), висота перетину металу дорівнює: $h - z = h \left(1 - \epsilon \right)$, тому площа перетину, що сприймає напруження зрізу, $F_{риз} = h \left(1 - \epsilon \right) B$, де B – ширина металу, що розрізається;

ϵ_e – коефіцієнт вмивання, визначається експериментально.

Тому розрахункова формула максимальної сили різання буде мати такий вигляд:

$$P_{max} = k_1 k_2 k_3 \sigma_e \epsilon h \left(1 - \epsilon_e \right), \quad (8.2)$$

де k_2 – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання при затупленні ножів у процесі тривалої роботи ножиць;

k_3 – те ж за умови збільшення бічного зазору між ножами.

На підставі практичних даних можна приймати наступні значення цих коефіцієнтів:

при гарячому різанні $k_2 = 1,10 \dots 1,20$, $k_3 = 1,15 \dots 1,25$;

при холодному різанні $k_2 = 1,15 \dots 1,25$, $k_3 = 1,20 \dots 1,30$.

Для випадків різання металу непрямокутного перетину (наприклад, кола) його перетин необхідно привести до рівновеликого по площі прямокутному перетину, тобто прийняти, що $F_{сеч} = v \cdot h$.

Конструкція ножиць з паралельними ножами

Різання металу 1 здійснюють вертикальним переміщенням одного з ножів 2, установленим у супорті 3 (рис.8.2).

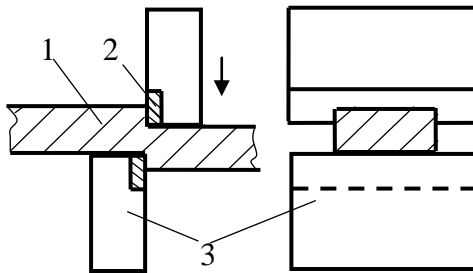


Рисунок 8.2 - Ножиці з паралельними ножами

Відомі конструкції ножиців з верхнім різом і з нижнім різом. У першому випадку рухливим є верхній ніж, а в другому - обоє, але різання здійснюється рухом нижнього ножа.

Недоліками ножиців з верхнім різом є необхідність виконання рольганга біля них у вигляді підйомно-хитного стола, оскільки нерухливий рольганг перешкоджає руху верхнього ножа. Крім того, задирок, що неминуче виникає при різанні, у цьому випадку розташовується внизу розкату й заважає його руху по рольгангу. Ножиці з нижнім різом позбавлені зазначених недоліків, тому одержали переважне поширення.

Застосовуються для різання блюмів і слябів у потоці стана. Конструкції ножиць цього типу дуже різноманітні. У вітчизняному металургійному машинобудуванні використовується конструкція із плаваючим ексцентриковим валом і

механічним притиском. Привод здійснюється від електродвигунів. За рубежем широко застосовуються ножиці з гідроприводом. По конструкції вони простіше, але погано працюють при тих перепадах температур узимку й улітку, які є в нас.

Ножі даного типу ножиць роблять симетричної форми, щоб можна було використовувати всі чотири кути. Матеріал ножів - високолегована сталь типу 6ХНМ із $\sigma_b = 700-800$ МПа й твердістю після термообробки 400 НВ.

8.3 Порядок проведення заняття

1 Провести аналіз конструкції ножиць з паралельними ножами [1. с. 157] , та послідовність роботи під час різання. Скласти кінематичну схему ножиць.

2 Виконати розрахунок елементів механізму різання зазначених ножиць - ексцентрикового валу, шатуна, верхньої осі шатунів - за умови розрізання слябу розмірами $H \times B = 200 \times 1500$ мм з порогом міцності матеріалу $\sigma_b = 100$ МПа та значенням $\varepsilon_g = 0,45$.

8.4 Контрольні питання

- 1 У яких умовах доцільно застосовувати ножиці з паралельними ножами?
- 2 У чому складаються конструктивні особливості ножиць з верхнім і нижнім різом?
- 3 Як змінюється сила різання при різанні на паралельних ножах?
- 4 Від яких параметрів залежить сила різання?
- 5 З якого матеріалу виготовляють ножі ножиць гарячого різання?
- 6 Чим характеризуються основні етапи процесу різання?
- 7 Що збільшує коефіцієнти k_2 й k_3 при різанні металу в паралельних ножах

Практичне заняття №9

Вивчення конструкції та розрахунок гільйотинних ножиць
(2 години)

9.1 Ціль заняття: вивчити конструктивні особливості гільйотинних та шевронних ножиць і набути практичні навички з розрахунку вузлів ножиць.

9.2 Теоретичні відомості

9.2.1 Сила різання металу похилими ножами

При різанні металу на ножицях з одним похилим ножом опір різанню складає тільки деяка невелика частина поперечного перерізу листа у вигляді трикутника ABC (рис.9.1).

Очевидно, що завдяки нахилу ножа сила різання значно зменшиться. Крім того, при зануренні ножа в метал різання (зрушення) відбувається не по всьому перетині трикутника, ABC, а тільки у вершини трикутника, по лінії ED, настає відрив (сколювання) металу.

Величина $Z = h - ED$ характеризує глибину надрізу, при якій настає відрив, а відношення $\varepsilon_H = Z_H/h$ називається відносною глибиною надрізу й залежить від пластичних властивостей металу: $\varepsilon_H = (2...1,6) \delta_5$, де δ_5 – відносне подовження при випробуванні на розтягання зразків.

Таким чином, площа трапеції ABED, що складає опір різанню,

$$F_{mp} = \frac{h - (h - z)}{2} \frac{z}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{2 - \varepsilon_H}{2 \operatorname{tg} \alpha} \varepsilon_H h^2, \quad (9.1)$$

а сила різання

$$P = \tau_{cp} F_{mp}, \quad (9.2)$$

де τ_{cp} – середній опір різанню (зрушенню) по перетину трапеції.

Увівши коефіцієнти k_1, k_2, k_3 , одержимо розрахункову формулу для визначення сили різання:

$$P = k_1 k_2 k_3 \frac{2 - \varepsilon_H}{2 \operatorname{tg} \alpha} \varepsilon_H h^2 \sigma_s, \quad (9.3)$$

де $k_1 = \frac{\tau_{max}}{\sigma_s} \approx 0,6...0,75$ – для м'яких і твердих матеріалів відповідно;

$k_2 = 1,2...1,3$ – коефіцієнт, що враховує підвищення сила при притупленні ножів;

$k_3 = 1,1...1,2$ – те ж, при збільшенні бічного зазору між ножами при тривалому їхньому використанні.

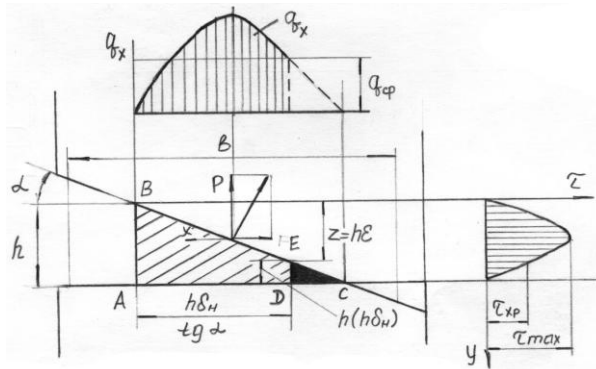


Рисунок 9.1 - Схема різання металу на ножицях з похилими ножами

Тому що в процесі різання верхній гільйотинний ніж відгинає частину листа, що відрізається, вниз, то для здійснення роботи вигину потрібна додаткова сила. Цю силу визначають, приймаючи трохи підвищене значення коефіцієнта k_3 :

$$k_3 = 1,4..1,6 \text{ (для кутів нахилу ножа } \alpha = 1,6..6^\circ \text{).}$$

Значення ε_H для різних металів наведено в таблиці 9.1.

9.2.2 Конструктивні особливості ножиць з похилим ножем (гільйотинних)

Гільйотинні ножиці призначені для різання листів, смуги (штрипсів), сутунки й дрібного сорту пачками.

По конструктивному виконанню їх можна розділити на два типи: відкритого й закритого.

Ножиці відкритого типу мають короткі ножі й одну станину з бічним просвітом, через який подається метал, що ріжеться. Їх застосовують головним чином для різання сутунки й сортового металу в холодному стані, в останньому випадку форма ножів відповідає профілю перетину металу, що ріжеться. Верхній (рухомий) ніж похилий, з кутом нахилу $2 \dots 5^\circ$.

Ножиці закритого типу мають дві станини, з'єднані внизу траверсою, у просвіті між станинами переміщається супорт із ножем. Ці ножиці застосовують для поперечного різання широких смуг й листів у холодному, напівхолодженому або гарячому стані.

Таблиця 9.1 - Експериментальні значення коефіцієнтів вмивання ϵ_{ϵ} і надрізу ϵ_H

Метал	Гаряче різання		Холодне різання	
	ϵ_{ϵ}	ϵ_H	ϵ_{ϵ}	ϵ_H
Сталь 10	0,32...0,40	0,75...1,00	0,30	0,5
Сталь 20	0,30...0,35	0,75...0,95	0,25	0,35... 0,45
Сталь 50	0,25...0,30	0,70...0,95	0,20	0,30... 0,40
Сталь 50С2	0,23...0,28	0,65...0,90	0,20	0,25... 0,30
Сталь 1Х18Н9Т	0,25...0,30	0,70...0,80	0,35	0,45
Сталь ШХ10	0,20...0,25	0,65...0,70	0,15	0,30
Мідь	0,35	0,95	0,30	0,45
Цинк	0,30	0,70	0,20	0,40
Дюралюміній	0,25	0,50	0,15	0,25

Залежно від призначення ножиці закритого типу конструктивно виконують із верхнім або нижнім рухомих ножем. Ножиці з верхнім рухомих ножем застосовують головним чином як окремо встановлені в прокатному цеху, а також у потокових лініях для поштучного різання листів на потрібні розміри й обрізки бічних крайок листів. Ножиці з нижнім підшипниковим валом звичайно встановлюють у лінії рольгангів прокатного стану або в агрегатах різання смуги, тобто в потокових технологічних лініях.

Необхідний хід гільйотинного ножа у визначають за формулою:

$$H = h + btg\alpha + \Delta + y \quad (9.4)$$

де h - товщина металу;

b - ширина смуги або пакету;

α - кут нахилу ножа;

Δ - перекриття ножів;

y - гарантований зазор між ножами для вільного проходження металу.

Якщо ніж приводиться ексцентриковим валом, величина ексцентриситету складає $e = H/2$.

У ножицях з верхнім рухомих ножем цей ніж установлений похило, а нижній – горизонтально. Кут нахилу застосовують у межах $1 \dots 6^0$ (чим більше товщина листа, тим більше кут нахилу) з метою зменшення сили різання.

У ножицях з нижнім рухомим ножом цей ніж встановлений прямо (а верхній похило, як у першому випадку) або навпаки.

Практика показує, що при різанні верхнім похилим ножом смуга (лист) вигинається й різ виходить косим; при різанні нижнім похилим ножом смуга (лист) притискається до верхнього прямого ножа й різ виходить прямим (перпендикулярним). Тому на нових ножицях з нижнім рухомим ножом цей ніж встановлюють похило. Матеріал ножів - сталь марок 9Х, 5Х2ВР, 55ХНВ, 55ХН2Ф. Твердість після гартування - HRC 50...55.

9.3 Порядок проведення роботи

9.3.1 Провести аналіз конструкції та порядок роботи листових гільйотинних ножиць з нижнім різом [1, с.163] та сортових з верхнім [1. с.161-162]

9.3.2 Ознайомитись з методикою розрахунку енергосилових параметрів ножиць.

9.3.2.1 Визначаємо по формулі (9.3) максимальну силу різання P . Крім неї на ножі діють горизонтальна сила $X = P \operatorname{tg} \alpha$, що виштовхує смугу, та розпірна сила $T=0,1 P$.

9.3.2.2 Визначаємо максимальний хід ножа та величину ексцентриситету за формулою (9.4)

9.3.2.3 Визначаємо крутний момент на валу ексцентриків. Для цього розглянемо схему ножиць на рис.9.3

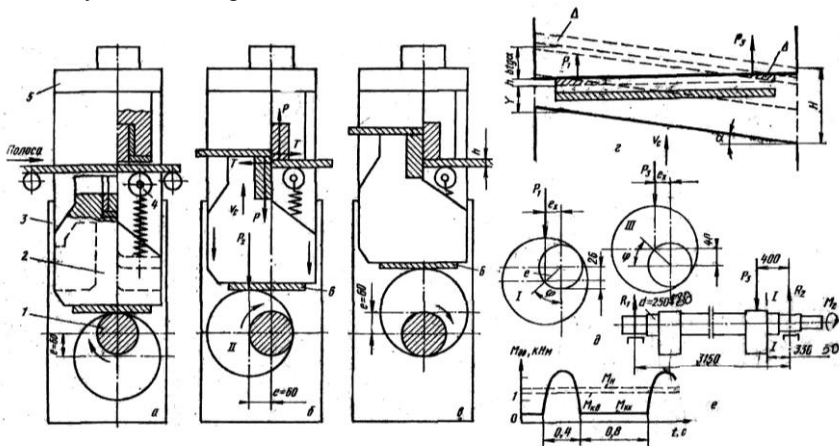


Рисунок 9.3 Кінематична схема гільйотинних ножиць з нижнім різом

перше положення ексцентриків — початок різання (див. рис. 9.3 з, положення

1). Сила різання стане максимальною при підйомі ножа на величину $h_p=h+y$.

(трикутник різання перетину стане повним при впровадженні ножа на величину h); при цьому ексцентриковий вал повернеться на кут

$$\cos\varphi = e - h_p / e$$

і плече моменту на ексцентрику буде дорівнювати

$$e_x = \sqrt{e^2 - (e - h_p)^2}$$

Рівнодіюча сил, що діють на лівий ексцентрик зверху вниз (вага супорта G); сила від притиску (пружинного або пневматичного) P_n

$$P_1 = P + (X + T)\mu + G + P_n$$

де μ -коефіцієнт тертя в напрямні станини.

Крутний момент на ексцентриковому валу $M_1 = P_1 e_x$;

2) друге (проміжне) положення — ексцентриковий вал повернувся на $\varphi = 90^\circ$. і загальна сила на ексцентрику P_2 знов розраховується за формулою (9.3); плече моменту дорівнює повному ексцентриситету e .

3) третє положення — закінчення різання при максимальній силі P (при повному трикутнику різання перетину). Сила притиску P_n зросла до максимальної і загальна сила стала P_3 ; при підйомі супорта на висоту $h_p = H - (h + \Delta)$ плече моменту зменшилося й стало рівним:

$$e_x = \sqrt{e^2 - (h_p - e)^2}$$

Кут повороту ексцентрикового вала:

$$\sin\varphi = (h_p - e)/e; \varphi = \arcsin((h_p - e)/e); \varphi_3 = 90^\circ + \varphi;$$

$$M_3 = P_3 e_x.$$

Таким чином, при різанні максимальний крутний момент M_2 на валу буде при другому положенні ексцентриків (при $\varphi = 90^\circ$).

9.3.2.4 Визначаємо момент і потужність електродвигуна.

Ножиці працюють безупинно при різанні довгої смуги, що змотується з ролону (тривалий режим роботи) при короткочасному додатку навантаження при різанні.

Ножиці роблять n різів на хвилину, тобто ексцентриковий вал обертається з частотою n об/хв ($\omega \sim 0,1n$ 1/с).

Для привода ножиць обирають за каталогом двигун потрібної потужності N з кутовою швидкістю ω (або частотою $n_{\text{дв}}$) та номінальним моментом

$$M_H = N/\omega \text{ (кН м)}$$

Потребуємо передатне число редуктора становить

$$i = n_{\text{дв}}/n$$

Момент різання (на ексцентриковому валу), приведений до вала електродвигуна, з урахуванням к.к.д. η , який залежить від типу приводу ножиць

$$M_{\text{різ}} = M/\eta i$$

Коефіцієнт перевантаження двигуна по моменту

$$k_n = M_{\text{різ}}/M_H$$

не повинен перевищувати припустимий $[k_n]=1,75$.

Перевіримо двигун на нагрівання його обмоток по середньоквадратичному моменту.

Час одного циклу різання (одного оберту вала ексцентриків) $t_{\text{ц}}=60/n$ (с); шлях нижнього ножа під повним навантаженням при різанні $h_p = b \text{ tga}$, що становить $\Delta_h = h_p/2e$ від загального підйому ножа вгору.

$$\text{Час власне різання } t_p = t_{\text{ц}}/(2 \Delta_h)$$

Приймаємо: крутний момент на валу електродвигуна за увесь час різання $M_{\text{різ}}$; момент холостого ходу $M_{\text{хх}}=0,1 M_H$; тривалість паузи при холостому ході $t_n = t_{\text{ц}} - t_p$, тоді повинна виконуватись умова

$$M_{\text{кв}} = \sqrt{\frac{M_{\text{різ}}^2 t_p + M_{\text{хх}}^2 t_n}{t_{\text{ц}}}} \leq M_H$$

9.3.2.5 . Розраховуємо на міцність ексцентриковий вал (рис.9.3, д).

Приймаємо, що наприкінці періоду різання роботу різання робить тільки один правий ексцентрик при силі і моменті, які дорівнюють відповідно P_3 кН та M_3 . З умов рівноваги для двохопорної балки за правилами опору матеріалів зна-

ходимо реакції опор, напруження згину σ та крутіння τ , еквівалентне напруження $\sigma_{\text{екв}}$ та порівнюємо з $[\sigma]$. Розрахунок ведемо до виконання умови $\sigma_{\text{екв}} < [\sigma]$.

9.3.2.6 Визначаємо контактні напруження при обкатуванні зовнішнього кільця ексцентрика по опорній плиті внизу нижнього супорта. Ширина кільця b мм; навантаження $q = P_3/b$; радіус кільця R ; модуль пружності матеріалу кільця E (МПа). По формулі Герца

$$\sigma_k = 0,418 \sqrt{\frac{qE}{R}} \leq [\sigma_k]$$

де $[\sigma] = 2 \sigma_s$ - допустиме контактне напруження.

9.3.3 За наведеною методикою виконати розрахунок елементів механізму різання гільйотинних ножиць, представлених на рис. 9.3, за наступних умов:

товщина смуги $h = 8$ мм; ширина смуги $b = 2350$ мм; межа міцності матеріалу сталеві смуги $\sigma_b = 800$ МПа; коефіцієнт $\epsilon_n = 0,45$, кут нахилу нижнього ножа $\alpha = 2^\circ$, довжина верхнього горизонтального ножа $L = 2500$ мм.

9.4 Контрольні питання

1. У яких умовах доцільно застосовувати ножиці з з похилими ножами?
2. З якими ножицями виходить виграш у силі й чому?
3. Від яких параметрів залежить сила різання гільйотинних ножиць?
4. З якого матеріалу виготовляють ножі ножиць холодного різання?
5. Як впливає кут нахилу ножа на силу різання?
6. Наведіть схему гільйотинних ножиць з нижнім різом.
7. Як змінюється момент на ексцентриковому валу під час різання?

Практичне заняття №10

Вивчення конструкції та розрахунок барабанних летучих ножиць
(2 години)

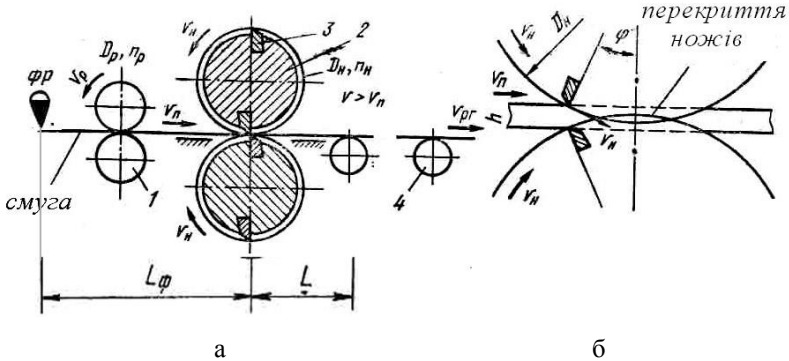
Ціль роботи - вивчити конструктивні особливості механізмів барабанних летучих ножиць, здобути практичні навички з розрахунку барабанних ножиць.

10.1 Теоретичні відомості

Летучі ножиці призначені для різання металу на ходу (на льоту) при його русі з великою швидкістю. У багатьох випадках працездатність цих ножиць визначає продуктивність прокатного стану (наприклад, безперервного заготовочного) або агрегату.

Серед багатьох різноманітних конструкцій летучих ножиць за принципом дії можна виділити чотири основні типи: барабанні, маятникові, кривошипно-важільні та планетарні. Інші конструкції є або різновидами вказаних типів, або оригінальними конструкціями, що не набули розповсюдження.

Барабанні ножиці досить прості й надійні в експлуатації, використовуються як на листових станах та агрегатах (з двохопорним барабаном), так і в сортовому виконанні (з консольним розміщенням барабана).



1-ролики, що подають; 2-барабанні ножиці; 3-ножі; 4-ролики рольганга; ФР-фотореле
Рисунок 10.1 - Схема барабанних летучих ножиць

Пристрій і принцип роботи цих ножиць полягає в наступному (рис. 10.1). У пазах двох барабанів по їх твірним закріплені ножі (по одному або по декілька на кожному барабані). Смуга рухається безупинно й подається до ножиць роликами, що подають, (або валками останньої кліті безперервного стану) з постійною швидкістю V_n . При зустрічі верхнього й нижнього ножів відбувається різання смуги. Для створення розриву між відрізнаними листами швидкість вихідного рольганга повинна бути більше швидкості смуги перед ножицями: $V_p > V_n$.

При різанні металу барабанні летучі ножиці можуть працювати у двох основних режимах: періодичних запусків і зупинок або безперервного обертання барабанів (безперервний).

Режим періодичних запусків застосовують тільки у двох випадках: при відрізання короткого переднього кінця смуги (некондиційного); при різанні смуги на довгі листи з невеликою швидкістю руху.

При відрізання переднього кінця запуск ножиць здійснюється за допомогою фотореле, встановленого перед ножицями.

Необхідну довжину переднього кінця визначають по формулі

$$L = V_n t_{розг} - L_{\phi} \quad (10.1)$$

де $t_{розг}$ – час розгону ножиць від вихідного положення барабанів до моменту зустрічі ножів (відомий з характеристики ножиць);

V_n – швидкість руху смуги.

Якщо $V_n t_{розг} < L_{\phi}$, то фотореле слід встановити за ножицями.

При безперервному режимі смуга надходить до ножиць з постійною швидкістю V_n , а різання відбувається періодично через кожні t_c , тому довжина листів, що відрізають, дорівнює:

$$L = V_n t,$$

де t – час між двома послідовними різаними.

Очевидно, що за час між двома різаними ніж барабана проходить шлях, рівний $L_n = \pi D_n k$, де k – коефіцієнт пропуску різку; він характеризує число обертів барабана за час між двома різаними.

При окружній швидкості $V_n = \omega_n \frac{D_n}{2}$ проміжок часу між двома різаними складе:

$$t = \frac{L_n}{V_n} = 2\pi \frac{k}{\omega_n} \quad (10.2)$$

тоді

$$L = 2\pi V_n \frac{k}{\omega_n} \quad (10.3)$$

Таким чином, при постійній швидкості смуги ($V_n = const$) довжина листа, що відрізається, залежить від коефіцієнта пропуску різу й кутової швидкості обертання барабанів ножиць.

Найбільш сприятливим буде такий процес різання, коли горизонтальна складова швидкості різання (окружної швидкості ножа) на 2-3% (у середньому) більше швидкості руху смуги, тобто

$$V_{xn} = V_n \cos \phi \approx \dots 1,03 V_n.$$

У цьому випадку в момент різання смуга не буде вигинатись.

Зміна величини k здійснюється в такий спосіб: установкою різного числа ножів на барабанах; застосуванням барабанів різного діаметра; застосуванням спеціальних механізмів пропуску різу.

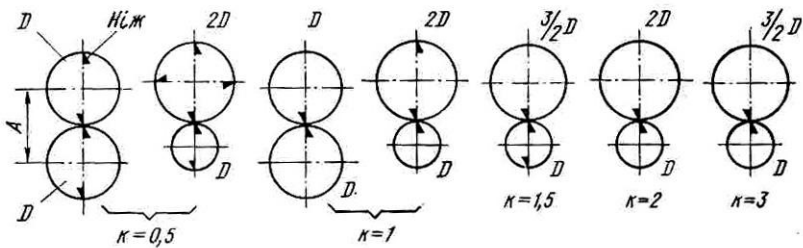


Рисунок 10.2 - До визначення коефіцієнту пропуску різу.

Кожну конкретну установку летучих ножиць проектують для певного сортаменту листів по товщині (від h_{min} до h_{max}). Цей діапазон приймають у межах $h_{max} / h_{min} = 4 \dots 6$.

10.2 Порядок проведення роботи

10.2.1 Провести аналіз конструкції та порядок роботи барабаних ножиць [1, ст.165- 166]

10.2.2 Ознайомитись з методикою розрахунку енергосилових параметрів барабаних ножиць.

Визначення сили й моменту різання

Схема різання на летучих барабаних ножицях представлена на рис.10.3.

Оскільки на барабанних ножицях ножі встановлені паралельно осям барабанів і різання відбувається на невеликих дугах траєкторій ножів, можна вважати, що ножі впроваджуються в метал назустріч один іншому. Тоді максимальну силу різання можна визначити по формулі

$$P_H = k_1 k_2 k_3 \sigma_B B h \left(-\varepsilon_H \right) \quad (10.4)$$

при різанні паралельними ножами;

при різанні ножами, з яких один (верхній) похилий,

$$P_H = k_1 k_2 k_3 \sigma_B \frac{2 - \varepsilon_H}{2 \operatorname{tg} \alpha} \varepsilon_H h^2 \quad (10.5)$$

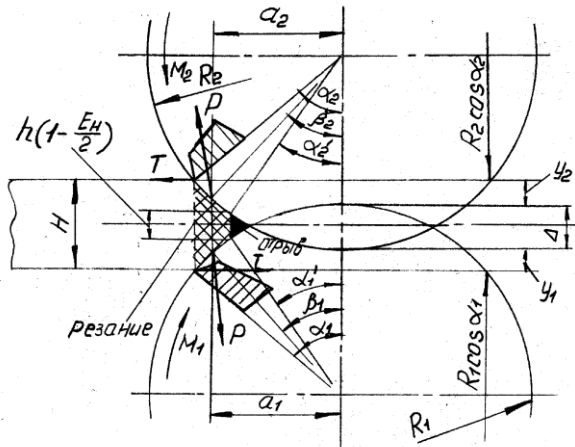


Рисунок 10.3 - Схема різання смуги на летучих барабанних ножицях

при різанні ножами, з яких один шевронний, $P_{ш} = 2P_H$,

де $k_1 = \tau_{max} / \sigma_B \approx 0,6 \dots 0,7$;

k_2, k_3 - коефіцієнти, що враховують підвищення сила різання при затупленні ножів і збільшенні бічного зазору між ними:

$k_3 = 1,1 \dots 1,3$; $k_2 = 1,2 \dots 1,4$;

α - кут нахилу ножа;

$\varepsilon_B \approx \frac{\varepsilon_H}{2}$ - відносна глибина вмикання, при якій сила різання й опір різанню

τ_{cp} досягають максимальних значень (див.табл.9.1);

ε_H - відносна глибина впровадження ножів, при якій відбувається відрив нерозрізаної частини металу;

Bh - площа поперечного перерізу смуги, що розрізається.

Розпірна сила між ножами $T = 0,2 P$, цю силу при підрахунку моменту різання можна не брати до уваги (сили T спрямовані протилежно і їх треба враховувати тільки при визначенні результуючої сили на опорах барабана).

Визначимо кути початку й кінця різання й кут прикладення сили різання P .

Через незначну величину цього кута приймемо, що сили P спрямовані вертикально й плечі їхнього прикладення рівні, тобто

$$a_1 = a_2 = a_3 = R_1 \sin \beta_1 = R_2 \sin \beta_2.$$

З рис. 10.2 витікає, що при $y_1 + y_2 = h - \Delta$:

$$\begin{aligned} R_1 \cos \alpha_1 - \sqrt{y_1 + \Delta} &= R_1 (-\cos \alpha_1) = y_1 + \Delta; \\ R_2 \cos \alpha_2 - \sqrt{y_2 + \Delta} &= R_2 (-\cos \alpha_2) = y_2 + \Delta. \end{aligned} \quad (10.6)$$

або

$$2R_1 \sin^2 \frac{\alpha_1}{2} + 2R_2 \sin^2 \frac{\alpha_2}{2} = h + D. \quad (10.7)$$

Тому що

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{R_2}{R_1} \approx \frac{\sin \frac{\alpha_1}{2}}{\sin \frac{\alpha_2}{2}},$$

кут початку різання на барабані меншого діаметра

$$2 \sin^2 \frac{\alpha_1}{2} R_1 \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) = h + \Delta \quad (10.8)$$

Аналогічно одержимо формули для кутів закінчення різу й прикладення сили P :

$$\cos \alpha_1 = 1 - \frac{h(1 - \varepsilon_h) + \Delta}{R_1(1 + R_1/R_2)} \quad \cos \beta_1 = \frac{h(1 - \varepsilon_h/2) + \Delta}{R_1(1 + R_1/R_2)} \quad (10.9)$$

Для верхнього (більшого) барабана ці формули будуть мати вигляд:

$$\cos\alpha_2 = 1 - \frac{h + \Delta}{R_2(1 + R_2/R_1)}; \quad \cos\alpha'_2 = 1 - \frac{h(1 - \varepsilon_h) + \Delta}{R_2(1 + R_2/R_1)}; \quad \cos\beta_2 = 1 - \frac{h(1 - \varepsilon_h/2) + \Delta}{R_2(1 + R_2/R_1)}.$$

Очевидно, що $\beta_1 = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}$; $\beta_2 = \frac{\alpha_2 + \alpha'_2}{2}$.

Момент різання на нижньому барабані (ведучому)

$$M_1 = Pa - TR_1 \cos\beta_1. \quad (10.10)$$

Момент різання на верхньому (веденому) барабані

$$M_2 = Pa + TR_2 \cos\beta_2 \quad (10.11)$$

те ж, приведений до осі нижнього (ведучого) барабана:

$$M_2 = M_2 \left(\frac{R_1}{R_2}\right) = Pa \left(\frac{R_1}{R_2}\right) = TR_2 \cos\beta_2 \left(\frac{R_1}{R_2}\right) = Pa \left(\frac{R_1}{R_2}\right) + TR_1 \cos\beta_2. \quad (10.12)$$

Сумарний момент різання на нижньому (ведучому) барабані (приймаючи $\beta_1 = \beta_2$)

$$M_{\text{рез}} = M_1 + M_2 = Pa + Pa \left(\frac{R_1}{R_2}\right) = Pa \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right).$$

Статичний (без урахування динаміки) момент різання на валу нижнього (приводного) барабана

$$M_{\text{СТ}} = \frac{M_{\text{рез}}}{\eta} = \frac{Pa}{\eta} \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right),$$

де η - коефіцієнт, що враховує втрати в зубчастому зачепленні шестірень привода барабанів й у підшипнику барабана.

10.2.3 За наведеною методикою виконати розрахунок сили та моменту різання барабанних летучих ножиць, представлених на рис.10.1, за наступних умов:

товщина смуги $h = 8$ мм; ширина смуги $b = 1350$ мм; межа міцності матеріалу сталевій смуги $\sigma_b = 800$ МПа; коефіцієнт $\varepsilon_h = 0,45$, кут нахилу нижнього ножа $\alpha = 2^\circ$, довжина верхнього горизонтального ножа $L = 2500$ мм, та визначити довжину листа, що відрізається

10.4 Контрольні питання

- 1 Наведіть схему барабанних летучих ножиць.
- 2 Які переваги та недоліки барабанних летучих ножиць?
- 3 Які режими роботи і коли використовують для барабанних летучих ножиць?
- 4 Від яких параметрів залежить момент різання барабанних летучих ножиць?
- 5 Що таке коефіцієнт пропуску різу і від чого він залежить?
- 6 Як визначається основна довжина листа, що відрізається барабанными летучими ножицями, при різних режимах роботи?
- 7 Як різуться неосновні довжини листів?
- 8 Назвіть основні механізми барабанних летучих ножиць.

Практичне заняття №11
Вивчення конструкції летучих ножиць з паралельним рухом ножів
(2 години)

Ціль роботи - вивчити принцип роботи та конструктивні особливості механізмів летучих ножиць різних типів з паралельним рухом ножів.

11.1 Теоретичні відомості

Основним недоліком барабанних летучих ножиць є те, що через рух ножів по круглій траєкторії в момент різання вони зустрічаються зі смугою під деяким кутом, внаслідок чого виникають більші динамічні навантаження й площа різання не є вертикальною; по цій же причині установка одного ножа похило (як на гільйотинних ножицях) з метою зменшення динамічних зусиль при різанні натрапляє на значні труднощі.

Для того, щоб площа різання смуги була б можливо більш рівною й вертикальною (особливо при різанні товстих смуг) і можна було б при цьому застосувати гільйотинне різання (один ніж розташувати похило стосовно іншого), необхідно, щоб ножі в період різання зближалися, залишаючись паралельними один одному, і становили кут 90° зі смугою, що рухається.

Серед багатьох різноманітних конструкцій летучих ножиць, що задовольняють цим вимогам, за принципом дії можна виділити три основні типи: маятникові, планетарні та кривошипно-важільні. Інші конструкції є або різновидами вказаних типів, або оригінальними конструкціями, що не набули розповсюдження. Перші два типи використовують, переважно, на сортових станах, третій - як на сортових, так і на листових

Маятникові ножиці

Маятникові летучі ножиці мають просту конструкцію й надійні в експлуатації, однак внаслідок великої інерційності мас, що рухаються, вони досить тихохідні й застосовуються для різання на ходу металу, що рухається зі швидкістю не більше 2,5 м/с.

Кінематична схема ножиць наведена на рис.11.1

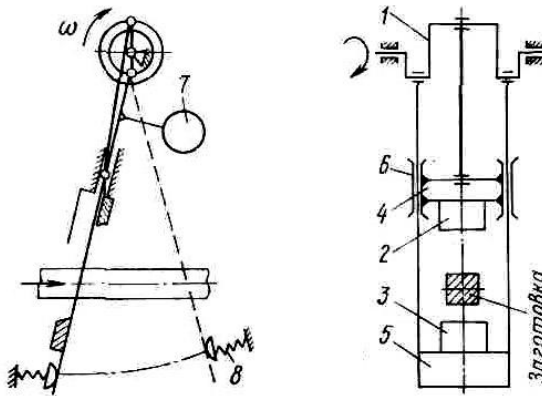


Рисунок 11.1 - Кінематична схема маятникових ножиць

На середньому ексцентрику верхнього приводного вала 1 підвішений шатун із супортом і верхнім ножем 2. На двох бічних ексцентриках вала підвішений нижній супорт із ножем 3. При повороті ексцентрикового вала на 360° верхній супорт 4 опускається вниз (на величину подвійного ексцентриситету), а нижній супорт 5 піднімається нагору й вертається у вихідне положення; у проміжному положенні при зближенні ножів відбудеться різання заготовки. Тому що верхній супорт 4 переміщається в напрямних пазах 6 нижнього супорта, то при різанні

заготівки, що рухається, супорти, що займали перед різанням похиле положення, будуть рухатися вправо (по русі заготівки) подібно маятнику, підвішеному на верхньому приводному валу. Повернення маятника у вихідне положення (ліве) забезпечується моментом від контвантажа. Крайні положення маятника фіксуються амортизаторами 8. Ножиці працюють у режимі запусків електродвигуна від фотореле, встановленого перед ножицями, яке засвічується переднім кінцем гарячої заготівки, що рухається по рольгангу.

Планетарні ножиці

Механізм різання планетарних ножиців складається із двох приводних барабанів, що приводяться з однієї сторони зубчастими шестірнями. У середині кожного барабана 2 (на рис.11.2 барабан представлений у вигляді рамки диференціала) є планетарна зубчата передача, що складається із сонячної (центральної) 3, проміжної (паразитної) 4 і планетарної 5 шестірень. Вали всіх шестірень встановлені на роликових підшипниках; вал планетарної шестірни має три опори; між двома крайніми опорами на валу цієї шестірни жорстко закріплена ріжуча головка (супорт) з ножем. Ножиці можуть працювати у двох режимах: а) без пропуску різі; б) із пропуском різі.

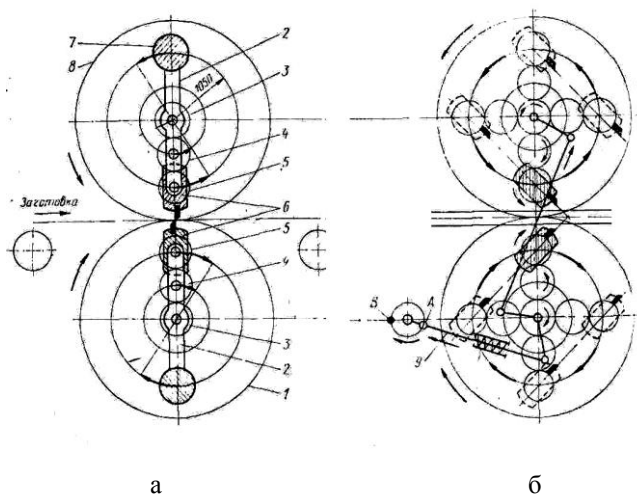


Рисунок 11.2 - Кінематична схема планетарних ножиць

Робота ножиць без пропуску різь. Сонячні (центральні) шестірни 3 нерухомі: при обертанні зубчастих коліс 1 і 8 барабанів (рамки диференціалів 2 з балансиrom 7) планетарні шестірни 5 і супорти з ножами 6 роблять плоский поступальний рух по круговій траєкторії, радіус якої дорівнює відстані між центрами сонячної й планетарної шестірень. При цьому параметри механізму підібрані так, що кутові швидкості диференціалів 2 дорівнюють кутовим швидкостям планетарних шестірень 5 і спрямовані в протилежному напрямку. Оскільки вони взаємно компенсують одна одну, то вертикальне положення ножів не змінюється на протязі всього оберту диференціалів. При відповідному радіусі цієї траєкторії і при синхронності швидкостей ножів і смуги ножі будуть зустрічатися наприкінці кожного оберту й різати смугу (заготівку) на основні довжини, при цьому ріжучі поверхні будуть залишатися паралельними.

Робота ножиць із пропуском різь. У конструкції ножиць передбачена можливість різання тільки з одним пропуском різь ($k = 2$), при цьому довжина різь складе $L = 2L_{\text{осн}}$. Пропуск різь здійснюється шляхом обертання сонячних шестірень 3, які повертають паразитні 4 і планетарні 5 шестірни з супортами. Швидкість обертання планетарних шестірень стає вдвічі меншою за швидкість обертання диференціалів 2, тому за один повний оберт ножі в супорті повернуться на 180° і не зустрінуться для різання металу, а за другий оберт повертання ножів складе 360° і вони зустрінуться для розрізання металу.

Для обертання сонячні шестірни з'єднані між собою шарнірно- важільним антипаралелограмом (рис. 11.2,б), який приводиться від кривошипно- важільного механізму 9, швидкість якого і визначає зазначену кінематику роботи пропуску різь.

Планетарні ножиці найбільш врівноважені і допускають розрізання на швидкості до 7 м/с (заготовка) та 20 м/с (простий сорт). Недоліком цих ножиць є більш складна конструкція механізму різання й більший сумарний маховий момент (момент інерції) обертових мас, що вимагає застосування електродвигуна більшої потужності.

Кривошипно- важільні ножиці.

Ножі кривошипно- важільних ножиць рухаються по складній еліпсоподібній траєкторії, а на ділянці різання ця траєкторія майже збігається з горизонтальним рухом смуги (ножі рухаються поступально, зближаючись по вертикалі).

На рис. 11.3 , а, б наведено схеми ріжучого механізму важільно-кривошипних летучих ножиць. Жорсткі важелі ABC і $A'B'C$ шарнірно з'єднані в точках A і A' з важелями (сергами) AT і $A'O$ а в точках U і B' із кривошипами BO_x і $B'O$, центри яких U і B' обертаються по окружностях навколо центрів O_2 і O_1 .

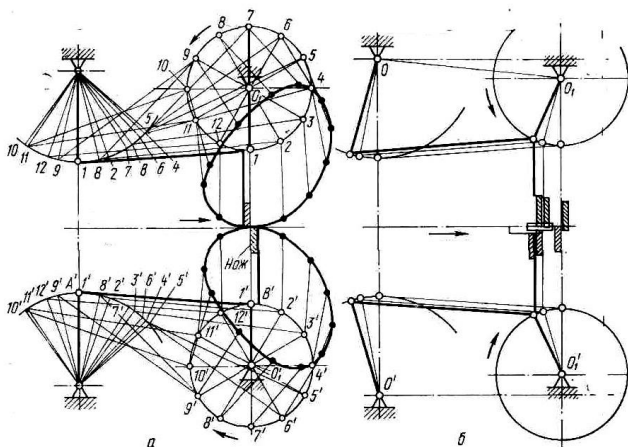


Рисунок 11.3 - Траєкторія руху ножів при обертанні кривошипу (а) та схема механізму та руху ножів під час різання металу (б) кривошипно- важільних ножиць.

При обертанні шарнірів U і B' по окружностях важелі AB і $A'B'$ будуть гойдатися вправо й уліво разом із сергами AT і $A'O$ при цьому ножі, закріплені на коротких плечах жорстких важелів ABC і $A'B'C$, будуть рухатися по складних траєкторіях у вигляді похилих витягнутих еліпсів; на ділянці різання ці траєкторії стають досить пологими (майже горизонтальними), тому ножі будуть рухатися майже горизонтально поступально, залишаючись паралельними один одному: завдяки цьому площина різання буде вертикальної, а з метою зменшення зусилля різання один з ножів (звичайно верхній) можна встановлювати похило стосов-

но іншого. Бічний зазор між ножами можна регулювати зміною відстані між шарнірами A і O ; для цього шарнір O установлений на ексцентриковій осі.

Істотним недоліком розглянутих вище ножиць є велика інерційність механізму різання при нерівномірному русі ножів, тому такі ножиці застосовують тільки для різання смуги при швидкості не більше 2 м/с. Іншим недоліком цих ножиць є відсутність пропуску різі. Для пропуску різі розроблено кривошипно- важільні ножиці з так званим ковзним кривошипом.

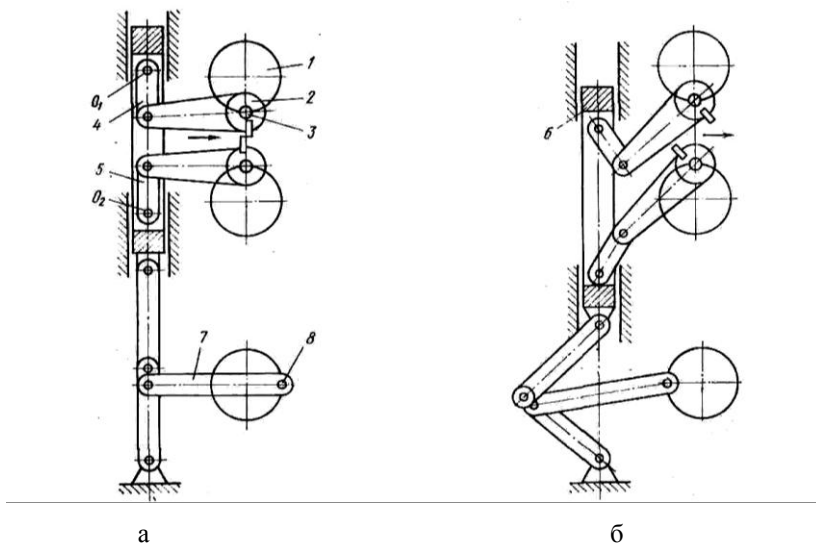


Рисунок 11.4 - Кінематична схема кривошипно-важільних ножиць з ковзним кривошипом під час роботи (а) та при пропуску різі (б).

При безперервному обертанні бічних приводних барабанів 1 супорти 2, шарнірно з'єднані із кривошипами 3, будуть робити плоский зворотно-поступальний рух; при цьому ножі будуть описувати еліпсоподібні траєкторії, що перетинаються в момент різання (див. рис. 11.4,а), тобто різання смуги буде відбуватися за кожний оберт кривошипа 3, серги 4 і 5 роблять хитний рух відносно шарнірів O_1 і O_2 .

Ці шарніри розташовані в бічних вертикальних пустотілих штангах 6, які можуть переміщатися по напрямній долілиць і нагору (так звані ковзні кривошипи) за допомогою шатунно-кривошипного механізму 7.

Якщо не потрібно різати смугу, бічні штанги 6 опускаються долілиць; при цьому ножі розійдуться; верхній ніж разом зі своїм супортом відхилиться вправо, і нижній уліво; при безперервному обертанні приводних барабанів 1 ножі як і раніше будуть описувати еліптичні траєкторії, але вони не будуть перетинатися між собою на ділянці різання.

Якщо потрібно різати смугу не за кожний оберт барабанів 1, а через один оберт (різання листів «подвійної довжини»), то відповідно після кожного різу треба опускати в нижнє крайнє положення бічні штанги 6 і потім після одного обертну кривошипів 3 і пропуску одного різу піднімати їх нагору у вихідне положення для того, щоб наступний різ відбувся наприкінці другого обертну кривошипів 3. Таким чином, при різанні «подвійних довжин» бічні вертикальні штанги 6 роблять безперервний зворотно-поступальний рух через один оберт приводних барабанів 1 і кривошипів 3; при цьому нижній кривошип 8 повинен обертатися з кутовою швидкістю, у два рази меншої, ніж кривошип 3; верхнє положення штанг 6 відповідає різанню смуги, а нижнє — пропуску різу. Очевидно, що для різання смуги на листи довжиною в 3 або в 4 рази більшою, необхідно, щоб вертикальні штанги після чергового різу опускалися долілиць і верталися у вихідне положення відповідно після двох і трьох обертів кривошипів 3. Такий режим різання листів великої довжини з подвійним і потрійним пропуском різу смуги можливий, але на практиці його не застосовують, бо при роботі з подвійним або потрійним пропуском різу в момент пропусків різу штанги не будуть перебувати в крайнім нижнім положенні - вони будуть підніматися нагору; при цьому відстань між ножами буде недостатнім для вільного проходження смуги.

11.3 Порядок проведення заняття

1 Розглянути конструкцію маятникових ножиць [1. с. 167], та послідовність роботи під час різання.

2 Розглянути конструкцію планетарних ножиць [1. с. 172], та послідовність роботи під час різання. Проаналізувати роботу механізмів приводу барабанів, пропуску різу та вибирання зазорів в зубчастих зачепленнях.

3 Розглянути конструкцію кривошипно- важільних ножиць [1. с. 168-169] та дію під час різання. Проаналізувати конструкцію механізмів приводу барабанів, регулювання бічного зазору ножів та вибирання зазорів в зубчастих зачепленнях.

4 Розглянути конструкцію ножиць з ковзним кривошипом [1. с. 170], та дію під час різання та під час пропуску різу. Проаналізувати конструкцію механізму пропуску різу та його приводу при $k=2$ та $k=3$.

11.4 Контрольні питання

1. Яке призначення летучих ножиць?
2. Назвіть типи летучих ножиць, вкажіть їхні переваги та недоліки?
3. Наведіть кінематичну схему маятникових ножиць та поясніть принцип дії
4. Наведіть кінематичну схему планетарних ножиць та поясніть принцип дії
5. Поясніть роботу планетарних ножиць під час пропускання різу.
6. Наведіть кінематичну схему кривошипно-важільних ножиць та поясніть принцип дії.
7. Наведіть кінематичну схему ножиць з ковзним кривошипом та поясніть принцип дії при роботі та під час пропускання різу.

Практичне заняття №12

Вивчення конструкції та розрахунок дискових ножиць

(2 години)

Ціль роботи - вивчити конструктивні особливості механізмів дискових ножиць різних типів, здобути практичні навички з розрахунку енергосилових параметрів.

12.1 Теоретичні відомості

Дискові ножиці застосовують для обрізки крайок у широких смуг і різання цих смуг уздовж на більш вузькі. Різальним інструментом дискових ножиць є дискові ножі. Залежно від виконуваних операцій ножиці можуть мати дві пари ножів або більше. Для обрізки крайок застосовують двохпарні дискові ножиці, а для розпуску широкої смуги – багатопарні. Основними параметрами дискових ножиць є: діаметр ножів D , товщина дискових ножів δ , припустимий кут захвата α й товщина h металу, що розрізається (рис.).

Діаметр дисків ножів розраховують по формулі $D = \frac{h + \Delta}{1 - \cos\alpha}$, де перекриття

$\Delta = 1 \dots 3 \text{ мм}$ (чим товще смуга, тим менше перекриття ножів). Можна також використовувати спрощену формулу $D = (50 \dots 100)h$. Товщину диска приймають: $S = \varnothing,06 - 0,10 \overline{D}$. При $h > 10 \text{ мм}$ застосовують негативне перекриття (ножі не перекриваються) з невеликим бічним (горизонтальним) зазором $\Delta = \varnothing,05 \dots 008 \%$ (при різанні смуги з товщиною менш $0,2 \text{ мм}$ ножі встановлюють щільно, без зазору). Негативні перекриття ножів устанавлюються при розрізуванні не тільки товстих, але й тонких смуг з високоміцних і мало пластичних матеріалів. Робота ножиць з негативними перекриттями забезпечує кращий захват смуги й кращу якість різі.

Ножі виготовляють із хромовольфрамової сталі марки 5ХВС із твердістю після термообробки 60HRC; кут загострення ножів приймають 90^0 (ножі строго циліндричні). Розрізування металу на дискових ножицях може відбуватися як при позитивних, так і при негативних перекриттях ножів.

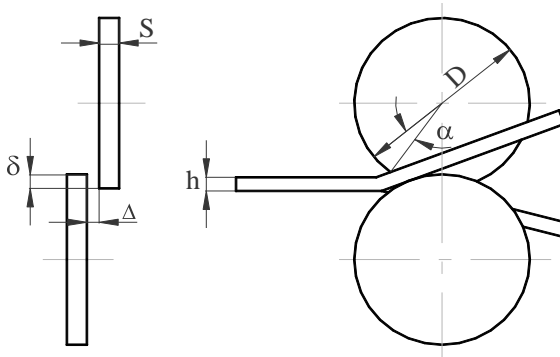


Рисунок 12.1 - Схема різання на дискових ножицях

Максимальна товщина смуг, що ріжуть на дискових ножицях, обмежена 25 мм. На товстолистових станах в гарячому стані ріжуть лист товщиною до 40мм, але схема різання дещо інша. Економічно більш доцільно поздовжнє різання товстих смуг ($h > 25\text{мм}$) робити на ножицях з котким різом.

Визначимо енергосилові параметри процесу різання. Дуги AC і BP (рис.12.2) замінимо відповідними хордами; у такому випадку процес різання дисковими ножами буде аналогічний процесу різання похилими ножами.

При деякому перекритті ножів S сколювання (відрив) у перетині ED буде відбуватися при величині коефіцієнта відносного надрізу перетину

$$\varepsilon_H = 2 \frac{z/2}{h} = \frac{z}{h}.$$

Площа зрізу (зрушення) дорівнює площі трапеції ABDE:

$$F = \frac{h - h(1 - \varepsilon_H)}{2} \frac{h\varepsilon_H}{2\text{tg}\alpha} = \frac{2 - \varepsilon_H}{4\text{tg}\alpha} \varepsilon_H h^2. \quad (12.1)$$

За аналогією з формулою для гільйотинних ножиць максимальну силу різання дисковими ножицями з однією парою ножів можна визначити по формулі

$$P = \tau_{cp} F = k_1 k_2 k_3 \sigma_B \frac{2 - \varepsilon_H}{4\text{tg}\alpha} \varepsilon_H h^2. \quad (12.2)$$

Значення коефіцієнтів k_1, k_2, k_3 такі ж, що й для випадку різання на гільйотинних ножицях:

$k_1 = \frac{\tau_{\max}}{\sigma_B} = 0,6...0,7$: для м'яких металів – $k_1 \approx 0,6$; для твердих металів –

$k_1 = 0,7$;

k_2 – коефіцієнт, що враховує збільшення сила різання при затупленні ножів у процесі тривалої роботи ножиць;

k_3 – те ж при збільшенні бічного зазору між ножами.

На підставі практичних даних можна приймати наступні значення цих коефіцієнтів:

при гарячому різанні – $k_2 = 1,1...1,2$; $k_3 = 1,15...1,25$;

при холодному різанні – $k_2 = 1,15...1,25$; $k_3 = 1,2...1,3$.

Принциповою різницею між визначенням сили різання в гільйотинних та дискових ножицях є те, що для перших кут α є постійною конструкційною величиною, а для других - перемінною, яка залежить від товщини металу та перекриття.

Кут нахилу α знайдемо, виходячи зі схеми на рис.

$$\alpha = \gamma + \frac{\alpha_0 - \gamma}{2} = \frac{\alpha_0 + \gamma}{2} \quad (12.3);$$

Кут захвату α_0 визначимо як:

$$\cos \alpha_0 = 1 - \frac{h + \Delta}{2R}; \quad 1 - \cos \alpha_0 = 2 \sin^2 \alpha_0 / 2 \approx \alpha_0^2 / 2;$$

Тоді

$$\alpha_0 \approx \sqrt{\frac{h + \Delta}{R}} \quad (12.4).$$

Кут перекриття γ визначимо як:

$$\cos \gamma = \frac{R - \Delta/2}{R}, \text{ звідки, аналогічно попередньому випадку}$$

$$\gamma \approx \sqrt{\frac{\Delta}{R}} \quad (12.5)$$

Знаючи ці два кути, знаходимо α_0 за формулою (12.3).

Знаючи силу різання однією парою ножів, неважко визначити момент, який потрібно прикласти до обох дисків для їхнього обертання при різанні. Різання металу одним диском відбувається на ділянці дуги (хорди) BE (у точці E настає сколювання – відрив). Рівнодіючі сил на диски прикладені посередині дуг BE й AD, тому момент для обертання двох дисків дорівнює:

$$M_{\text{риз}} = 2P_a,$$

де a – плече прикладення сили P , $a = R \sin \beta$, де β – кут прикладення сили P , який визначаємо з виразу

$$\cos \beta = 1 - \frac{h - (1 - \varepsilon_H / 2) - \Delta}{2R}; \quad \cos \beta = \sqrt{(h(1 - \varepsilon_H) - \Delta) / R} \quad (12.6).$$

Значення ε_H наведені в табл.9.1.

При $\varepsilon_H = 0$ (сколювання без розриву) – $\beta = \alpha_0$;

при $\varepsilon_H = 1$ (різання по всьому перетині без сколювання) – $\beta = \alpha$.

k – коефіцієнт, що враховує втрати потужності на тертя дисків об метал, що розрізається, $k = 1,1 \dots 1,2$.

12.2 Порядок проведення заняття

12.2.1 Розглянути конструкцію двохпарних дискових ножиць ТЛС [1, с.175]. Розкрити принцип дії механізмів приводу ножів, регулювання перекриття та бічного зазору, налаштування на потрібну ширину листа, скласти кінематичні схеми.

12.2.2 Розглянути конструкцію двохпарних дискових ножиць для розрізання тонкого прокату [1, с.176].

12.2.3 Розрахувати силу та момент різання дисковими ножицями [1, с.175] крайок листа товщиною $H = 8$ мм з порогом міцності матеріалу $\sigma_b = 500$ МПа та значенням $\varepsilon_H = 0,45$.

12.3 Контрольні питання

1. Яке призначення дискових ножиць?
2. Назвіть основні співвідношення між параметрами дискових ножів
3. З якого матеріалу виготовляють дискові ножі
4. Наведіть схему різання в дискових ножах.
5. Від яких факторів залежить сила різання дисковими ножами? Наведіть розрахункові залежності.
6. Як розрахувати момент різання в дискових ножах?
7. Як розрахувати потужність дискових ножиць?

Практичне заняття №13

Вивчення конструкції та розрахунок дискових пил
(2 години)

Ціль роботи - вивчити конструктивні особливості механізмів дискових пил різних типів, здобути практичні навички з розрахунку енергосилових параметрів.

13.1 Теоретичні відомості.

Розрізняють три основні групи пил: 1) стаціонарні, 2) пересувні і 3) летучі.

Пили першої групи призначені для різання прокату із зупинкою його на рольгангу. Пили другої групи можна переміщати відносно рольгангу, що дозволяє різати заготовки різної довжини. Однак при їхній роботі, як і у випадку використання стаціонарних пил, прокат необхідно зупинити на рольгангу для розкрою. Летучі пили призначені для різання прокату під час його переміщення по рольгангу й застосовуються переважно при прокатці з великими швидкостями, коли зупинка прокату для його різання недоцільна (прокатка труб малого діаметра).

Пили за способом подачі диска в зону різання підрозділяються на полозкові, важільні, маятникові й роторні. Їхні кінематичні схеми наведені на рис. 13.1. Конструкції полозкових, важільних і маятникових пил докладно викладені в [2-4]. Кожна із зазначених конструкцій містить механізм обертання пильного диска. Традиційно застосовувана в дискових пилах клиноремінна передача (рис. 13.2, *a*) має ряд істотних недоліків, і в наш час сфера її застосування обмежується. Добре зарекомендувала себе в роботі конічна зубчаста передача (рис. 13.2, *б*).

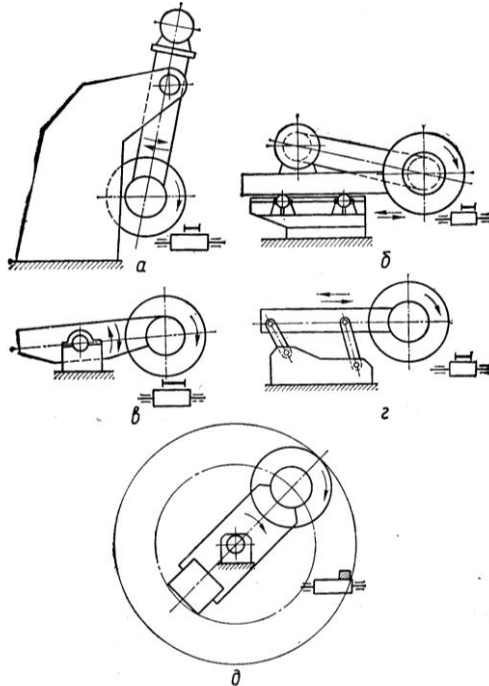


Рисунок 13.1 - Типи дискових пил: маятникова (а), полозкова (б), важільні (в,г), роторна (д).

Однак найкращим з погляду простоти й надійності є варіант установки диска співвісно з дисковим валом або ж безпосередньо на вал двигуна (рис. 13.2, в, г).

Механізми подачі дисків на прокат виконують електричними або гідравлічними.

В останні роки широко застосовуються роторні пили конструкції ВНДІметмашу (див. рис. 13.1,д) які працюють на високих швидкостях подачі 1...3 м/с, у той час як традиційні конструкції ріжуть зі швидкістю 0,007...0,25 м/с. Збільшення швидкостей різання дозволило збільшити продуктивність пилок, підвищити стійкість пильних дисків і значно розширити діапазон перетинів, що розрізаються. Досягнення таких швидкостей при використанні традиційних конструкцій пил не представляється можливим через зворотно-поступальний рух ланки подачі, що несе пильний диск. Відомо, що цикл різання в кожному разі насамперед залежить від того, наскільки швидко ланка подачі може бути зупинена й повернута у вихідне положення. До того ж при більших швидкостях подачі в момент зупинки й реверса різко зростають динамічні навантаження на механізм.

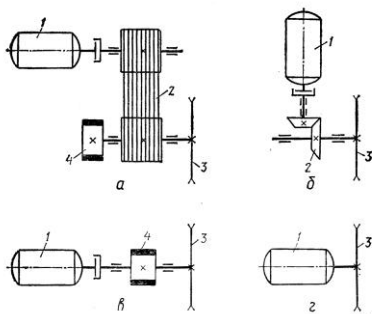


Рисунок 13.2 - Кінематичні схеми механізмів обертання дисків

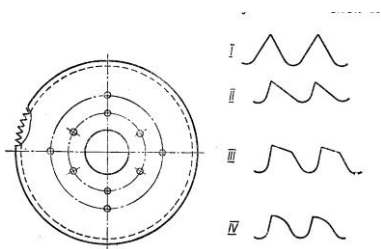


Рисунок 13.3 - Конструкція диску пили та форма зубів пили.

Крім того, розкрій прокату суцільних заготовок діаметром 270 мм і більше на полозкових пилах стає практично неможливим через низьку стійкість пильних дисків. У зв'язку із цим в основу конструкцій роторних пил покладений

принцип кругового переміщення пильного диска [3], [5]. Виключається, таким чином, зворотно-поступальний рух ланки подачі, чим досягається висока швидкість подачі при незначних динамічних навантаженнях.

Як ріжучий інструмент пил застосовуються диски, що представляють собою плоскі круглі пластини, що мають центральний отвір для установки диска на валу й ріжучі зуби, виконані по зовнішньому контуру (рис. 13.3). У пильному диску передбачені монтажні отвори. У наш час у промисловості використовують диски з діаметром 700...3200 мм. Застосовують чотири основних типорозміри зубів. Для різання фасонних профілів і дрібного сорту, коли сила різання невелика, застосовують зуби у вигляді рівнобедреного трикутника (тип I, див. рис. 13.3). Для тих же цілей служать диски із зубами II типу. III і IV типи зубів (див. рис. 13.3) застосовують при розрізуванні прокату суцільних перетинів і товстостінних труб. Вони характеризуються підвищеною міцністю, причому зуби із криволінійною задньою гранню в цьому плані мають переваги перед зубами II типу. Як видно з рис. 13.3, зуби останніх трьох типів мають невеликий передній кут ($0...5^{\circ}$). Вибір цього кута повинен виконуватися залежно від застосовуваних режимів різання й насамперед від товщини t шару металу, що зрізується кожним зубом пили.

На деяких металургійних заводах при різанні прокату маятниковими й ползковими пилами застосовують зуби з попередньо виконаною фаскою затуплення задньої грані зуба. Така форма дозволяє минути період припрацювання зубів і зберегти протягом більше тривалого часу форму зуба.

Як матеріал диска застосовуються наступні марки сталей: 50, 50Г, 65Г, 9ХФ, 50ХФ, 40ХМФ. Технологія підготовки дисків містить у собі наступні операції: нарізання зубів, виправлення, балансування диска й термічну обробку зубів.

Основні параметри дискових пил (діаметр, товщина й хід диска, припустимі розміри профілів, що розрізаються і т.д.) стандартизовані.

Швидкість обертання диска пили повинна бути максимально високої для збільшення її продуктивності. Внаслідок дії відцентрових сил при обертанні диска в ньому виникають розтягувальні напруження, перевищення яких може привести до руйнування (розриву) диска. Їхня величина визначається виразом:

$$\sigma = \rho v^2 / 1000 \quad (13.1)$$

де ρ - питома вага (щільність) металу, т/м³;

v - колова швидкість диску, м/с,

$$v = \omega \frac{D}{2}$$

де ω - кутова швидкість диску, 1/с;

D - діаметр диску, м.

Для сталевого диска $\rho = 7,85$ т/м³, тому одержимо: $\sigma = 0,00785 v^2$.

З урахуванням того, що допустиме напруження складає $[\sigma] = 160$ Мпа, визначимо, що допустима колова швидкість на повинна перевищувати $v \leq 140$ м/с. Практична швидкість обертання дисків перебуває в межах 100-120 м/с.

При різанні дисковою пилкою диск треба притискати до металу що розрізається, із силою Q , тобто безупинно подавати диск «на метал» зі швидкістю подачі u . На контактній поверхні металу з диском виникають колова сила P та радіальна сила R (рис.13.4).

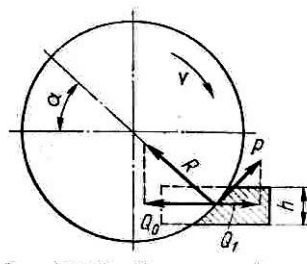


Рисунок 13.4 - Схема до розрахунку навантажень на диск пили.

Колову силу P визначають за формулою:

$$P = psh \frac{u}{v} \frac{1}{1000} \quad (13.2);$$

де p - тиск різання, віднесений до 1 мм² перетину стружки, що знімається; його визначають за досвідними даними й він залежить від механічних властивостей металу, що розрізається, його температури, швидкості різання, стану форми зубів диска й т.д.; для орієнтовних розрахунків можна приймати $p = (40 - 60)\sigma_B$,

де σ_b - межа міцності металу при даній температурі різання, МПа; s — ширина прорізу, мм; можна приймати, що s дорівнює товщині диска плюс 2-4 мм; u - швидкість подачі диска пили; залежно від товщини металу, що розрізається, жорсткості конструкції пили і її продуктивності u приймають у межах 30-300 мм/с; h - товщина перетину металу, що розрізається, мм.

Радіальна сила, що сприймається диском пили, на підставі досвідних даних для гарячого різання сталі дорівнює $R = (8-15)P$.

Силу подачі, згідно рис 13.4, можна визначити з рівняння

$$Q = Q_o - Q_l = R \cos \alpha - P \sin \alpha \quad (13.3)$$

де кут α знаходять графічним шляхом для кожного конкретного випадку різання металу заданого профілю.

Потужність електродвигуна привода диска пили (кВт) можна визначити по формулі:

$$N = P_v / \eta \quad (13.4),$$

де η - к.к.д. передач приводу диска.

13.2 Порядок проведення заняття

13.2.1 Розглянути конструкцію полозкової пили [1, с.178]. Розкрити принцип дії механізму подачі пили, механізму пересування вздовж рольгангу та приводу диска пили.

13.2.2 Розглянути конструкцію роторної пили [1, с.179]. Розкрити принцип дії механізму подачі диску на метал (приводу ротора), та приводу диска пили.

13.2.3 Задача. Визначити силу на диску і потужність електродвигуна при різанні квадратної заготовки 100x100 дисковою пилою.

Дано: діаметр диска 2000 мм; максимальна швидкість обертання диска $v=100$ м/с; швидкість подачі (мінімальна при різанні найбільшої товщини) $u = 100$ мм/с; товщина диска, $s_0=9$ мм; температура металу, що розрізається, 900 °С .
Матеріал балки - вуглецева сталь 30.

13.4 Контрольні питання

1. Які типи пил використовуються для різання металу ?
2. Охарактеризуйте дискові пили за способом подачі диска на метал. Зобразіть кінематичні схеми.

3. Які існують схеми приводу диска пили ?
4. Які типи зубів використовують на пилових дисках ?
5. З яких матеріалів виконують диски пил ?
6. Від чого залежить максимальна швидкість диска пили? Яка її величина?
7. Які напруження виникають в диску пили при обертанні?
8. Які сили діють на диск пили при різанні? Від яких факторів вони залежать?
9. Як розрахувати силу подачі диску на метал?

Практичне заняття №14

Вивчення конструкції та розрахунок багатороликових правильних машин
(2 години)

Ціль роботи - вивчити конструктивні особливості багатороликових листо-
правильних машин різних типів, здобути практичні навички з розрахунку енерго-
силових параметрів.

14.1 Теоретичні відомості.

Багатороликові листопрямляльні машини застосовуються для усунення
дефектів площинності плоского прокату (хвилястість, коробкуватість, поздовж-
ня кривизна) за рахунок знакозмінного вигину при його проходженні між розта-
шованими в шаховому порядку робочими роликками. Основними параметрами
листопрямляльних багатороликових машин є: діаметр роликів D ; крок роликів t ;
кількість роликів n ; довжина бочки роликів L ; товщина h листів, що піддають
виправленню на даній машині.

Крок роликів звичайно приймають рівним $t = 1,1D$.

Точність виправлення обумовлена також числом роликів в одній машині:
чим більше роликів, тим краще якість виправлення. Звичайно для виправлення
листів товщиною більше 4 мм приймають 9 -І роликів, а при виправленні тонких
листів 13-17 роликів (у деяких випадках для особливо якісного виправлення 19-
29 роликів).

Швидкість виправлення вибирають залежно від продуктивності машини й
товщини листів. На підставі практичних даних можна приймати наступні зна-

чення швидкості виправлення: для тонких листів (0,5 - 4 мм) - 6 - 0,5 м/с; для товстих листів (4 - 30 мм) при холодному виправленні - 0,5 - 0,1 м/с і при гарячому - 1,0 - 0,3 м/с.

Ролики правильних машин можуть мати паралельне (рис. 14.1а), похиле (рис. 14.1б), та індивідуальне (рис. 14.1 в) налаштування роликів.

Конструктивно роликові вузли правильних машин можуть виконуватися тільки з робочими роликами, а також з робочими й опорними роликами (рис.14.2). Опорні ролики забезпечують необхідну міцність роликового вузла під дією сили виправлення.

Опорні й робочі ролики можуть розташовуватися у шаховому порядку (див.рис.14.2 а), попарно (див.рис.14.2 б), або за змішаною схемою (див.рис.14.2 в). По довжині одного робочого ролика можуть розташовуватися від одного до більш ніж десяти опорних роликів.

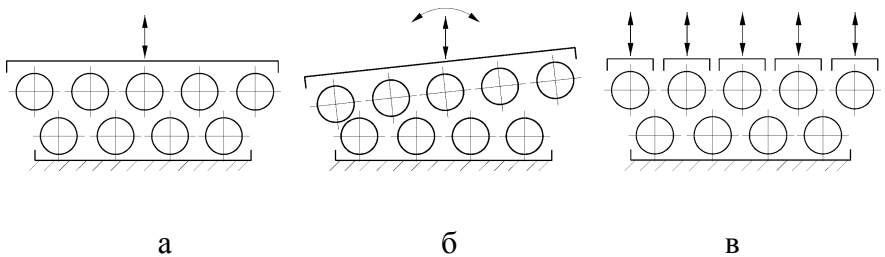


Рисунок 14.1- Типи налаштувань правильних машин.

В останньому випадку вони виконані у вигляді дисків, розміщених по довжині робочого ролика в шаховому порядку.

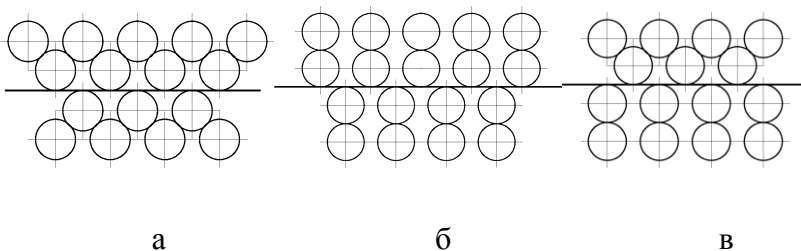


Рисунок 14.2- Роликові вузли з шаховим (а), попарним (б) та змішаним (в) розташуванням опорних роликів.

Робочі й опорні ролики виготовляють зі сталі марок 9Х, ШХ15, 12ХН2А (остання для роликів діаметра менш 90- 100 мм), що має підвищену міцність, високу твердість і підвищений опір зношуванню. Бочки роликів піддають повер- хневому загартуванню з нагрівання струмами промислової або високої частоти до твердості HRC 55-65. Ролики для гарячого виправлення виготовляють з сере- дньовуглецевої сталі й можуть наплавляти твердими сплавами.

Максимальну силу при виправленні сприймає 3-й ролик:

$$P_3 = \frac{8M_{\Pi}}{t} = 2\sigma_t \frac{bh^2}{t}, \quad (14.1)$$

де M_{Π} – момент пластичного вигину смуги;

h – товщина смуги.

Повну силу, що діє на всі ролики листоправильної машини, можна обчисли- ти по формулі

$$P = 5/3 \left(\frac{P_3}{n} - 2 \right) \sigma_t \frac{bh^2}{t}, \quad (14.2)$$

де t – крок роликів;

n - число роликів.

Контактні напруження, що діють на ролик, можна визначити по формулі Ге- рца, припускаючи, що деформуємий пружно ролик (циліндр) радіусом R і дов- жиною бочки L лежить на нестисливій площині (листі) і навантажений силою P_3 :

$$\sigma_{\text{конт}} = 0,418 \sqrt{P_3 E / bR} \leq 2\sigma_t, \quad (14.3)$$

де b – ширина листа;

R – радіус ролика;

E – модуль пружності матеріалу ролика;

σ_t – поріг текучості матеріалу листа, що піддається виправленню;

P_3 – максимальна сила, діюча на ролик.

Потужність і крутний момент на всіх ($n - 2$) роликах (крім першого й остан- нього, які не згинають смугу) при виправленні смуги зі швидкістю V можна ви- значити по формулах:

$$N_{\text{деф}} \frac{\sigma_T^2}{2E} V_{\text{твт}} k_{\text{деф}} ; \quad M_{\text{деф}} \frac{\sigma_T^2}{4E} v h D k_{\text{деф}}, \quad (14.4)$$

де $k_{\text{деф}}$ – результуючий (сумарний) коефіцієнт пластичної деформації при виправленні смуги,

$$k_{\text{д/Ф}} \approx k_2^2 \left[\frac{1}{1-k_2} + k_2(n-3) \right], \quad (14.5)$$

де $k_2 = 0,6 \dots 0,8$ – коефіцієнт проникнення пластичної деформації під другим роликком.

При визначенні потужності електродвигуна для привода правильної машини крім потужності деформації пластичного вигину необхідно врахувати втрати потужності на тертя в підшипниках $N_{\text{підш}}$ і потужності тертя кочення роликів по смузі $N_{\text{коч}}$ для всіх n роликів, а також η – ККД редуктора й шестеренної кліті, наявних у лінії привода машини:

$$N_{\text{дв}} = \left(N_{\text{деф}} + N_{\text{підш}} + N_{\text{коч}} \right) / \eta. \quad (14.6)$$

Потужність втрат на тертя в підшипниках всіх n робочих роликів

$$N_{\text{підш}} = M_{\text{Тр}} \omega = P_{\text{уд}} / 2\omega, \quad (14.7)$$

На відміну від клітей кварто прокатних станів, у яких подушки робочих валків не мають вертикальних опор і не сприймають силу прокатки, і вся сила прокатки передається через бочку робочого валка опорному, подушки робочих роликів правильної машини мають вертикальні опори (натискні гвинти або вікна станини). Тому сила виправлення від робочого ролика передається як на опорні ролики, так і на подушки робочого ролика. А це значить, що кожний робочий ролик має як мінімум три опори і при розрахунках є статично невизначеною системою, що вимагає спеціальних методів рішення.

Розрахунок роликів правильної машини на міцність починають із визначення сили виправлення. Всі робочі ролики у більшості випадків виконують од-

наковими, тому розрахунок на міцність виконують для найбільш навантаженого третього ролика.

Знайдена по формулі (14.1) сила є зовнішнім навантаженням при розрахунку роликів вузла на міцність. Розрахункова схема робочого ролика являє собою статично невизначену балку, для якої ступінь статичної невизначеності дорівнює числу опорних роликів. Для розрахунку статично невизначених балок використовують метод рівнянь трьох моментів. Для цього розрахункову схему балки заміняють еквівалентною, у якій у місцях зайвих зв'язків врізані шарніри, а дія умовно відкинutoї частини заміняють прикладеними в шарнірах невідомими моментами, що підлягають визначенню. Далі ведуть розрахунок по певним для даного методу правилам, відомим студентам з курсу опору матеріалів [6].

У літературі [2] наведені розрахунки роликів вузлів з розташованими по довжині робочого одним, двома й трьома опорними роликами для випадку попарного розташування робочих і опорних роликів, отримані рішенням рівнянь трьох моментів (рис. 14.3). При цьому для спрощення розрахунків був прийнятий ряд допущень. Розподілене навантаження від сили виправлення діє не по ширині смуги, а по всій довжині ролика між підшипниковими опорами, тобто

$$q = P_3 / 2l \quad (\text{див. рис. 14.3,а}),$$

$$q = P_3 / (2l_1 + l_2) \quad (\text{див. рис. 14.3,б}),$$

$$q = P_3 / (2l_1 + 2l_2) \quad (\text{див. рис. 14.3,б}),$$

Реакції опорних роликів, які також є розподіленим навантаженням, замінені зосередженими силами. Зміною діаметрів робочого ролика при переході від бочки до шийки зневажають.

У результаті цих спрощень отримані формули для визначення статично невизначених моментів у місцях додаткових зв'язків (зайвих реакцій опор), а також самих реакцій. Для вузла з одним опорним роликом:

$$M_1 = -ql^2/8; \quad R_0 = R_2 = 3ql/8; \quad R_1 = 5ql/4 \quad (14.8)$$

де $q = P_3 / 2l$ - розподілена по довжині l робочого ролика навантаження від сили виправлення на 3-му ролику.

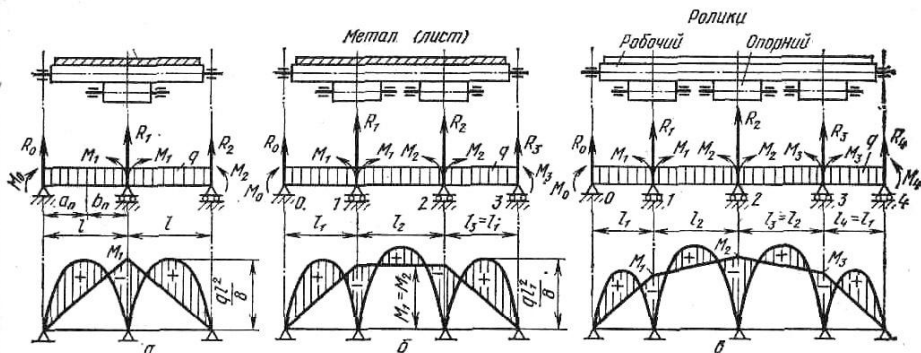


Рисунок 14.3 - Розрахункові схеми роликів вузлів з одним (а), двома (б) та трьома (в) опорними роликами.

Для вузла із двома опорними роликами:

$$M_1 = M_2 = -\frac{q}{4} \frac{l_1^3 + l_2^3}{2l_1 + 3l_2}$$

$$R_0 = R_3 = ql_{1/2} + M_1/l_1; \quad R_1 = R_2 = q(l_1+l_2)/2 - M_1/l_2 \quad (14.9).$$

Якщо $l_1 = l_2 = l$ то

$$M_1 = M_2 = -\frac{1}{10} ql^2; \quad R_0 = R_3 = \frac{4}{10} ql; \quad R_1 = R_2 = \frac{11}{10} ql \quad (14.10)$$

Для вузла із трьома опорними роликами

$$M_1 = M_3 = -\frac{ql^2}{4} \frac{2 + \frac{l_2}{l_1}}{4 + 3\frac{l_2}{l_1}}; \quad M_2 = -\frac{1}{2} \left(\frac{ql_2^2}{2} + M_1 \right) \quad (14.11).$$

Опорні реакції:

$$R_0 = \left(\frac{ql_1}{2} + \frac{M_1}{l_1} \right);$$

$$R_1 = R_3 = ql_1/2 \left(+l_2/l_1 \right) + 1/l_2 \left[M_2 - M_1 \left(+l_2/l_1 \right) \right]; \quad (14.12)$$

$$R_2 = ql_2 + 2/l_2 \left[M_1 + M_2 \right]$$

При $l_1=l_2=l$; $M_1 = M_3 = -3ql^2/28$; $M_2 = -ql^2/14$;

$$R_0 = R_4 = 11ql/28; \quad R_1 = R_3 = 8ql/7; \quad R_2 = 13ql/14. \quad (14.13)$$

Реакції опорних роликів є силами, які діють на них з боку робочого ролика. Представивши їх у вигляді розподіленого навантаження, що діє по довжині бочки опорного ролика, його можна розрахувати як двохопору балку. Очевидно, що розподілене навантаження на опорному ролику у першому випадку складе $q_{\text{оп}} = 5ql/4L_{\text{оп}}$ (де $q_{\text{оп}}$, $L_{\text{оп}}$ = відповідно розподілене навантаження та довжина бочки опорного ролика). У другому випадку (див. рис.14.3,б) $q_{\text{оп}} = 11ql/10L_{\text{оп}}$ (при $l_1 = l_2 = l$). У третьому випадку (див. рис.14.3,в) найбільш навантажені крайні ролики, для них при $l_1 = l_2 = l$, $q_{\text{оп}} = 8ql/7L_{\text{оп}}$. Розрахунок аналогічний розрахунку опорного валка стана кварто, який виконувався в попередньому триместрі [7].

14.2 Порядок проведення заняття

14.2.1 Розглянути конструкцію правильної машини для виправлення товстих листів [1, с.184, 188 а]. Розкрити принцип дії натискного механізму.

14.2.2 Розглянути конструкцію 17-роlikової правильної машини для виправлення тонких смуг [1, с.185]. Розкрити принцип дії натискного механізму.

14.2.3 Задача. Розрахувати на міцність опорний ролик 3-го робочого ролика 7-роlikової правильної машини [1, с.184, 188 а] при виправленні листа розмірами $H = 8$ мм, $B = 2200$ мм з порогом плинності матеріалу $\sigma_T = 250$ МПа.

14.3 Контрольні питання

1. Які типи правильних машин використовують для правлення плоского прокату?
2. Назвіть основні співвідношення між параметрами роликів правильних машин.
3. З якого матеріалу виготовляють робочі ролики?
4. Поясніть принцип правлення на багатороlikових правильних машинах.
5. Від яких факторів залежить сила правлення? Наведіть розрахункові залежності.

6. Як розрахувати момент та потужність правильної машини ?
7. Які схеми валкових вузлів і налаштувань використовують в багатороликових правильних машинах? Наведіть та охарактеризуйте схеми.
8. У чому полягають особливості розрахунку роликового вузла на статичну міцність?

Практичне заняття №15
Вивчення конструкції та розрахунок сортоправильних машин
(2 години)

Ціль роботи - вивчити конструктивні особливості багатороликових сортоправильних машин різних типів, здобути практичні навички з розрахунку енергосилових параметрів.

15.1 Теоретичні відомості.

Роликові сортоправильні машини застосовують для холодного виправлення сортового металу всіх перетинів, передбачених відповідними ДСТУ (рейок, балок, швелерів, кутової сталі, квадратних і круглих профілів і т.д.).

Сортоправильні машини із профільованими роликами конструктивно виконують двох типів: а) з відкритим консольним розташуванням роликів; б) із закритим розташуванням роликів на валах між двома опорами останніх.

У правильних машин з консольними однорядними роликами найбільш навантажені передні опори. Ці машини більше зручні в експлуатації (легко доступні для спостережень і зміни роликів), тому їх застосовують не тільки для виправлення дрібних і середніх, але й великих профілів (наприклад, рейок).

Правильні машини закритого типу дозволяють монтувати на приводних валах кілька рядів роликів для виправлення різних профілів, що скорочує час на зміну й настроювання роликів (у порівнянні з машиною, що має консольні ролики).

Основними параметрами сортоправильних машин є: крок роликів t мм, максимальна висота профілю, що виправляється, h мм, момент опору перетину профілю W см³, діаметр роликів D мм, швидкість виправлення v м/с і число роликів n .

Для виправлення рейок і великих сортових профілів застосовують правильні машини з 7-9 роликами, а для виправлення середніх і дрібних профілів - з 11 -13 роликами. Швидкість виправлення залежно від необхідної продуктивності машини - у межах 0,5-3,0 м/с.

Силу, що діє на ролики P_1, P_2, \dots, P_n можна визначати по тих же формулах, що й для листоправильних машин.

З метою одержання простих розрахункових формул приймаємо, що перші три ролики (друг, третій і четвертий) згинають смугу пластично, а останні ($n - n - 5$) роликів — пружно (крім першого і останнього, де $M_{зг} = 0$). Тоді одержимо формулу:

$$p = \sigma_r W_y [3k + (n - 5)] 8/t, \quad (15.1)$$

де $k = W_n / W_{np}$ — відношення моментів опору перетину при пластичному й пружному вигинах (для складних профілів).

З курсу опору матеріалів відомо, що пластичний момент опору перетину W_n дорівнює подвоєному статичному моменту напівперетину профілю:

$$W_n = 2S = 2 \frac{F}{2} y_c \quad (15.2)$$

Для прямокутного напівперетину

$$S = \frac{1}{2} F y_c = \frac{1}{2} b h \frac{h}{4} = \frac{b h^2}{8} \quad \text{тому} \quad W_n = 2S = \frac{b h^2}{4} \quad (15.3)$$

де y_c — координата *центра* ваги напівперетину.

Для круглого перетину $y_c = \frac{2}{3} \frac{d}{\pi}$

$$S = \frac{\pi d^2}{4} \frac{2d}{3\pi} = \frac{d^3}{12} \quad W_n = \frac{d^3}{6} \quad \frac{W_n}{W_y} \approx 1,7$$

Для орієнтовних підрахунків можна приймати наступні значення $k = W_x/W_y$ для деяких профілів:

Коло	1,7	Куточок	1,4
Квадрат (на ребро)	2,0	Двотавр (лежачи)	1,4
Швелер (лежачи)	1,2	Рейка (на півдошву)	1,6

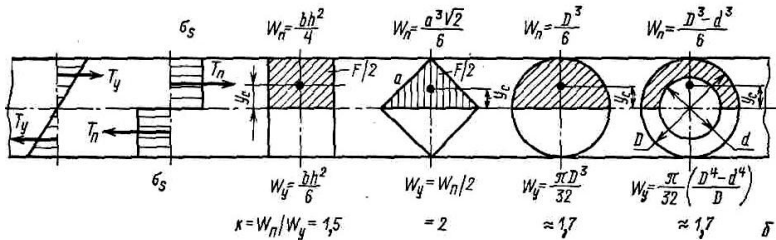


Рисунок 15.1 - Пластичні і пружні моменти опору простих перетинів

Потужність виправлення можна визначати по формулі

$$N = \frac{\sigma_T^2}{2E} v F k_{деф} \quad (15.4)$$

де F — площа поперечного переріза профілю.

15.2 Порядок проведення заняття

15.2.1 Розглянути конструкцію правильної машини для виправлення рейок [1, с.181]. Розкрити принцип дії механізму вертикального налаштування роликів, зобразити схему.

15.2.2 Розглянути конструкцію сортоправильної машини закритого типу з двохопорними роликами [1, с.183].

15.2.3 Задача. Визначити силу правлення й потужність електродвигуна привода шестироликової правильної машини для виправлення рейок [1.с.181].

Дано: пружний момент опору перетину рейки 300 см^3 ; площа поперечного перетину рейки $F=65 \text{ см}^2$; координата центра ваги перетину $u_c=70 \text{ мм}$; швидкість

виправлення 1,6 м/с; крок роликів одного ряду 1200 мм; границя текучості рейкової сталі $\sigma_T=500$ МПа.

15.2.4 Задача. Визначити силу правлення й потужність електродвигуна приводу сортоправильної девятироликової машини для виправлення куточка 200X200X24 мм .

Дано: границя текучості матеріалу, що виправляється, від $\sigma_T = 440$ МПа, швидкість виправлення 0,5 м/с; крок роликів 800 мм; число приводних (нижніх) роликів 4; число холостих (верхніх) роликів 5; середній робочий діаметр роликів $D = 600$ мм; площа перетину й момент інерції куточка щодо осі I—I - $F=90,8$ см²; $J_x = 1384$ см⁴

15.4 Контрольні питання

1. Назвіть призначення сортоправильних машин.
2. Які типи правильних машин використовують для проавлення сорту?
3. Назвіть основні переваги і недоліки сортоправильних машин різних типів.
4. Назвіть основні параметри сортоправильних машиню Як їх призначають?
5. Як розрахувати силу правлення сортоправильної машини?
6. Наведіть формули для визначення моментів опору перетину для простих профілів.

Література

1 Королев А.А. Прокатные станы и оборудование прокатных цехов .-М.: Металлургия, 1981,-203 с.

2 Королев А.А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов. - М.: Металлургия, 1985.- 462 с.

3 Машины и агрегаты металлургических заводов. Уч. для вузов/А.И.Целиков, П.И.Полухин, В.М.Гребеник и др.: В 3 т.-Т. 3 Машины и агрегаты для производства и отделки проката. – М.: Металлургия, 1988. –674 с.