

Донбаська державна машинобудівна академія

Кафедра автоматизованих металургійних машин та обладнання

Розглянуто і схвалено
на засіданні кафедри автоматизованих
металургійних машин та обладнання
Протокол № 16 від 09 квітня 2019 р.
Завідувач кафедри
_____ Грибков Е. П.

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни

«Механічне обладнання металургійних заводів. Механічне устаткування цехів холодної прокатки»

галузь знань 13 – «Механічна інженерія»

спеціальність 133 – «Галузеве машинобудування»

ОПІ «Галузеве машинобудування»

Професійне спрямування: інжиніринг автоматизованих машин і агрегатів

Факультет Машинобудування

Розробник: Добронос Ю. К., доц. кафедри АММ, к.т.н.

Краматорськ – 2019

4 МЕХАНІЧНЕ УСТАТКУВАННЯ ЦЕХІВ ХОЛОДНОЇ ПРОКАТКИ

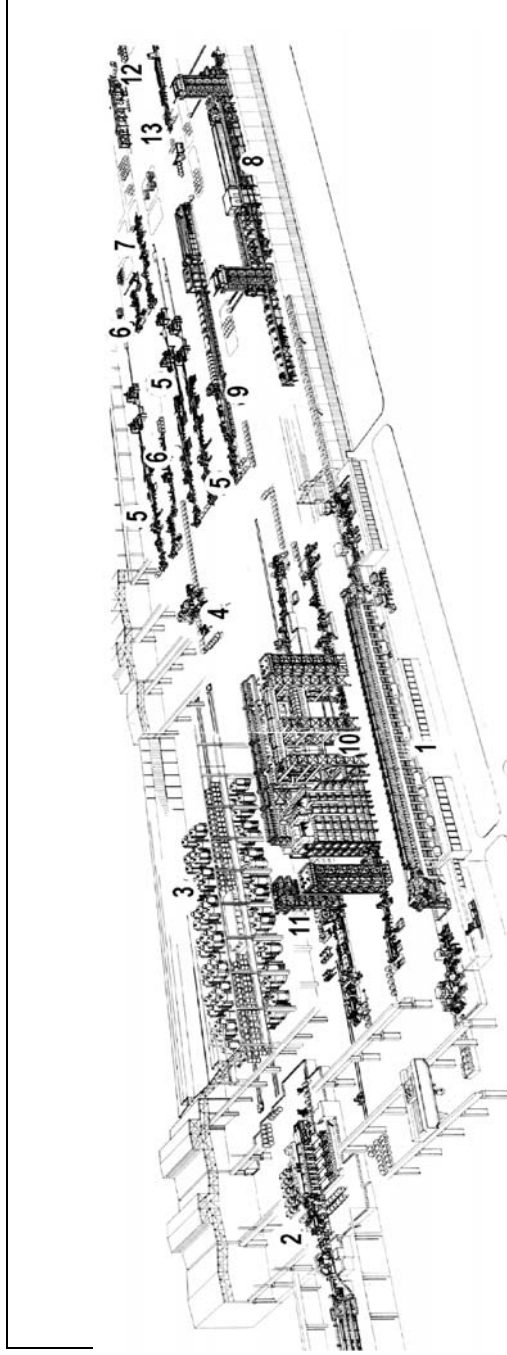
4.1 Склад устаткування цеху холодної прокатки. Особливості неперервних агрегатів

Холодною прокаткою одержують готовий плоский прокат товщиною 0,05 - 5 мм шириною до 2300мм у вигляді смуг та стрічок у рулонах, а також листів у пакетах. Смуги та стрічки одержують безпосередньо на станах шляхом прокатки або розрізають прокатані смуги на агрегатах подовжнього різання на вузькі стрічки. Переважну більшість листів мірної довжини одержують на агрегатах поперечного різання шляхом розрізання на мірні довжини прокатаних смуг, що є більш доцільним, ніж прокатувати самі листи на стані.

На рис. 4.1 наведений склад устаткування цеху холодної прокатки. Власне прокатні стани 2 займають незначну частку площі цеху. Майже 90 % цеху займає устаткування, призначене для підготовки металу для прокатки та подальшої обробки прокатаного металу. Окрім станів до складу устаткування цеху холодної прокатки в загальному випадку входять травильні агрегати, агрегати термообробки прокату, правильно-дресирувальні агрегати, агрегати поперечного та подовжнього різання, агрегати для нанесення різних видів покриття та ін. Значна частина з перелічених агрегатів є неперервними агрегатами.

Практично кожен неперервний агрегат складається з трьох ділянок: вхідної, технологічної та вихідної. На вхідній ділянці головною операцією є з'єднати смуги з окремих рулонів в одну неперервну смугу для обробки в технологічній ділянці агрегату. В технологічній ділянці виконуються основні операції, для яких агрегат призначений, наприклад, травлення, термообробка, нанесення покриття на поверхню смуги тощо. Оброблена нескінчена смуга поступає на вихідну ділянку, де головною операцією є її розділення на окремі смуги, які змотуються в рулони. Між ділянками встановлені накопичувачі смуги, які забезпечують неперервну роботу технологічної ділянки при обов'язкових зупинках на вхідній або вихідній ділянках агрегату. Щоб створити запас смуги у накопичувачах, швидкість смуги на вхідній і вихідній ділянках завжди більша, ніж у технологічній.

Оскільки функції вхідної і вихідної ділянок в неперервних агрегатах практично однакові, то й склад машин, що входять до цих ділянок, незначно різняться для різних агрегатів і є практично типовим. Ми докладно розглянемо його на прикладі неперервних травильних агрегатів, а в подальшому при розгляді інших агрегатів будемо коротко відзначати це обладнання та вказувати на особливості, якщо вони є, приділяючи основну увагу обладнанню технологічних ділянок.



1 - безперервно-гравильний агрегат (БГА); 2 - безперервний стан холодної прокатки; 3 - ділянка відпалювання рулонів у ковпакових печах; 4 - дресировальний стан; 5 - лінія поперечного різання смуг на листи; 6 - лінія поздовжнього різання смуг з пакувальним пристроєм; 7 - перемотувальний агрегат із пристроєм виправлення смуг розгортанням; 8 - ділянка нанесення полімерних і лакофарбових покриттів; 9 - лінія електролітичного цинкування; 10 - лінія гарячого цинкування; 11 - агрегат безперервного відпалювання; 12 - агрегат упакування рулонів; 13 - вальце-шлифовальна ділянка

Рисунок 4.1 - Склад обладнання сучасного цеху холодної прокатки

4.2 Обладнання неперервних травильних агрегатів

Вихідною заготовкою для станів холодної прокатки є гарячекатана штаба. На її поверхні присутня окалина, яка при холодній прокатці може призвести до браку поверхні, оскільки вимоги до якості поверхні холоднокатаної металопродукції значно вищі, ніж для інших видів прокату.

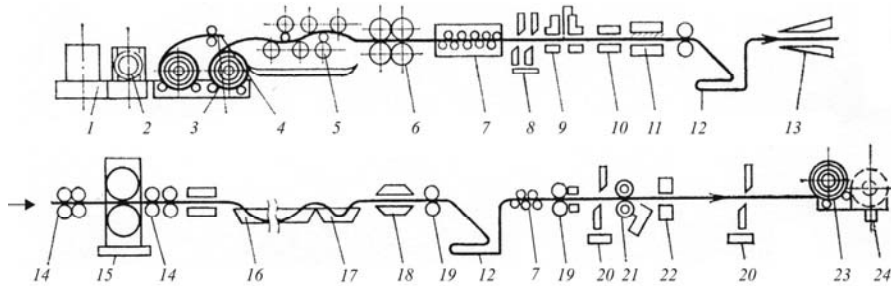
Видалення окалини з поверхні гарячекатаної штаби з вуглецевих сталей здійснюють комбінованим механічно-хімічним шляхом у неперервних травильних агрегатах (НТА), де окалина частково руйнується механічним способом: правленням або дресируванням, а потім остаточно видаляється в кислотних розчинах хімічним шляхом. Найбільш розповсюджене травлення в розчинах сірчаної або соляної кислот, для деяких класів легованих сталей – азотної кислоти.

Оскільки в поверхневих шарах окалини при механічному руйнуванні утворюються численні тріщини й пори, то в них проникає кислотний розчин, що, реагуючи із залізом, виділяє водень; останній сприяє відриву окалини від металу й прискоренню її розчинення. Для регулювання (уповільнення) руйнування металу кислотою (що проникає через тріщини й пори) застосовують так звані інгібітори (присадки з органічних матеріалів). При зниженні концентрації кислоти в розчині до 10 % розчин зливають і заміняють свіжим.

Травлення гарячекатаної вуглецевої смуги здійснюють у безперервних агрегатах (лініях) двох типів: горизонтальних і баштових (вертикальних), які відрізняються складом обладнання технологічної дільниці. До переваг агрегатів травлення горизонтального типу слід віднести: більш просту конструкцію, відсутність перегинів смуги, що є істотним для деяких легованих сталей, легше обслуговування й ремонт, вищу продуктивність; крім того, ці агрегати можуть працювати як з використанням сірчаної, так і соляної кислот. До переваг агрегатів баштового типу слід віднести більшу компактність у довжину, що зменшує виробничу площину дільниці цеху, а також постійне поновлювання розчину кислоти, що підвищує якість і швидкість травлення.

Обладнання лінії НТА, як власне і інших безперервних агрегатів, складається з трьох основних частин (дільниць): вхідної, технологічної і вихідної. Основне призначення обладнання вхідної частини НТА – підготовка штаби та з'єднання окремих рулонів в одну безперервну смугу. Обладнання технологічної частини виконує безпосередньо основну функцію агрегату – травлення та промивання заготовки. Обладнання вихідної частини призначене для розділення безперервної смуги на окремі смуги та їхне змотування в рулони вагою, що відповідає можливостям обладнання цеху.

Склад та взаємодію обладнання розглянемо на прикладі горизонтального НТА (рис.4.2) Рулони гарячекатаної смуги зі складу подають на вхідну ділянку НТА, де за допомогою магнітного крана встановлюють на транспортер 1, що подає їх до кантувача 2. Після кантування черговий рулон скатується на піднімальний стіл 3 двопозиційного розмотувача 4. За допомогою скребкового відгинача передній кінець смуги на рулоні відгинається й надходить потім в окалиновідламувач 5 і тягнучі ролики 6. Окалиновідламувач здійснює грубе руйнування окалини шляхом подвійного вигину смуги навколо роликів невеликого діаметра. Далі смуга правиться на правильній машині 7 і надходить до здвоєних гільйотинних ножиць 8 з нижнім різом (другі ножі смуги відрізають передній кінець наступної, а перші — задній кінець попередньої смуги для кращого зварювання стику).



1 - прийомний транспортер; 2 - кантувач; 3 - двопозиційний розмотувач; 4 - відгинач; 5 - окалиновідламувач; 6 - спарені тягнучі ролики; 7 - роликові правильні машини; 8 - спарені гільйотинні ножиці; 9 - стикозварювальна машина; 10 - гратозрізувач; 11 - зшивна машина; 12 - накопичувач; 13 - струминне промивання смуги; 14 - натяжні пристрої; 15 - дресирувальна кліть; 16 - кислотні ванни; 17 - ванни холодного й гарячого промивання; 18 - сушильний пристрій; 19 - тягнучі ролики; 20 - гільйотинні ножиці; 21 - дискові ножиці; 22 - промаслювальний пристрій; 23 - моталка; 24 - транспортер

Рисунок 4.2 – Схема горизонтального НТА

Для забезпечення безперервного процесу травлення задній кінець смуги попереднього рулону в стикозварювальній машині 9 зварюється з переднім кінцем смуги наступного рулону; виступаючий грат звареного шва зрізується різцями гратозрізувача 10. Якщо матеріал смуги не можна зварити (наприклад, нержавіючу сталь), кінці смуг зшивають внакладку на зшивній машині 11. У період зварювання (зшивання) смуг (1—1,5 хв) безперервність руху смуги через травильні ванни за-

безпечується за рахунок її запасу (~700 м) у горизонтальному петлевому накопичувачі 12, у якому смуга рухається в чотири яруси (петлі) під натягненням, що створює канатний барабан на візку.

Далі смуга надходить на технологічну ділянку, де промивається на пристрої 13 і тягнучими роликками 14 подається в дресирувальну кліть 15 (є лише на деяких агрегатах). При натягуванні смуги роликками і обтисненні її на 1—2 % у дресирувальній клітці, що служить другим окалиновідламувачем, здійснюються додаткове руйнування поверхневої окалини й створення в ній численних тріщин для прискорення процесу хімічного травлення у ваннах з розчином соляної кислоти. Крім того, дресирувальна кліть усуває злами смуги, що утворилися при розмотуванні рулону й проходженні її через окалиновідламувач, а також зміцнює смугу (створює наклеп), що зменшує можливість утворення нових зламів при змотуванні її в рулон після травлення.

. Звичайно до складу травильних агрегатів входять чотири ванни 16 з кислотним розчином довжиною 25—30 м кожна. Необхідна висота провисання петлі у ваннах контролюється за допомогою індукційного регулятора.

Травильні ванни мають зварений корпус зі сталевих листів товщиною 10 мм; ванни усередині гумовані гумою від роз'їдання кислотою і обкладені кислототривкої футеровкою (цеглою). Уздовж бічних стінок є колектори для видалення кислотних випаровувань. Зверху ванни щільно накриті кришками (з гідравлічним затвором) з кислототривкого пластику, армованого корозійностійкою сталлю; торцеві щілини для входу смуги у ванну № 1 і виходу з ванни № 4 мають ущільнення з кислотостійкої гуми. Травильний розчин підігрівається в теплообмінниках до температури 90—95 °С. При русі уздовж ванн смуга опирається на гранітні пороги, установлені на перегородках ванн.

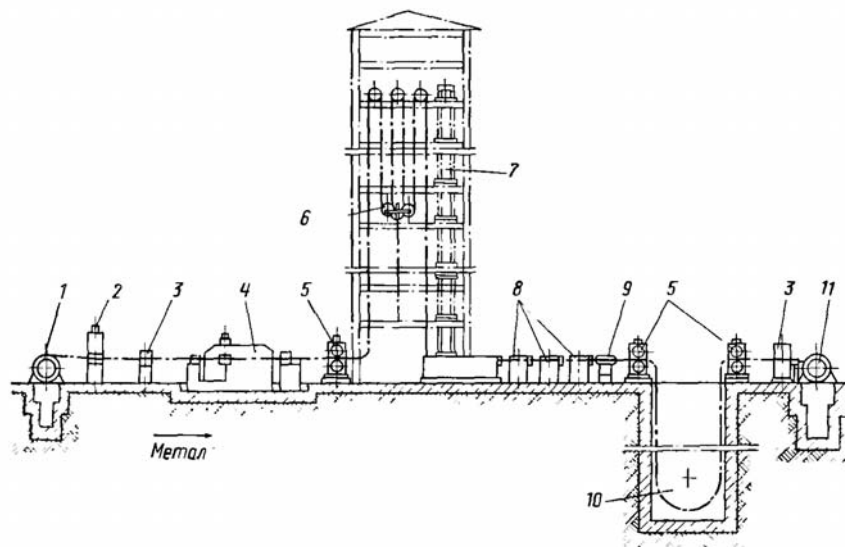
З ванни № 4 смуга надходить для промивання у ванни 17 з холодною й гарячою водою, де зі смуги змиваються залишки кислотного розчину й окалини. Потім смуга проходить сушильну камеру 18 для сушіння гарячим повітрям і тягнучими роликками подається в петльовий накопичувач № 2.

На вихідній ділянці смуга витягається роликками 19 і подається до гільйотинних ножиць 20 для вирізки місць зшивки. Бічні крайки смуги обрізують дисковими ножицями 21. В установці електростатичного промаслювання 22 на смугу наносять тонкий (1—2 мкм) шар мастила (для запобігання корозії при зберіганні протравлених рулонів на складі перед станом холодної прокатки).

На других ножицях 20 обрізають передній і задній кінець смуги, після чого на моталках 23 смуга змотується в ролон необхідної маси (15—30 т і більше). Потім ролон зіштовхують на транспортер 24 і подають до стана холодної прокати.

Швидкість безперервного руху смуги через травильні ванни дорівнює 3—5 м/с; швидкість смуги на головній і хвостовій ділянках агрегату повинна бути більше зазначеної, тому що в цьому випадку необхідні періодичні зупинки для зварювання кінців двох смуг і вирізки звареного шва. Продуктивність агрегату 1,0 млн. т/рік.

Аналогічний склад обладнання має і вертикальний НТА (рис.4.3). Але на ньому дресирувальник стан для механічного видалення окалини не використовують, як і на більшості сучасних НТА. Для цього використовують машини правлення розтяжінням або комбіновані правильні машини.

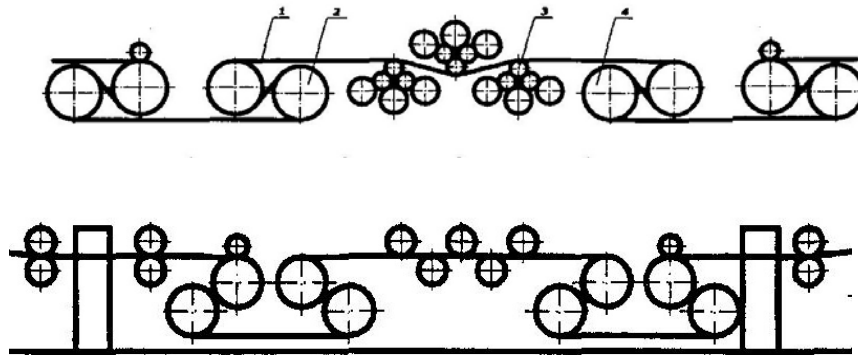


- 1 розмотувач, 2- правильна машина, 3- гільйотинні ножиці, 4- стикозварювальна машина, 5 тягучі ролики, 6 – вертикальний петльовий накопичувач, 7- травильна шахта, 8 – ванни для промивання, 9 – сушильний пристрій, 10 – петльовий накопичувач, 11 – моталка

Рисунок 4.3 - Спрощена схема вертикального НТА

На стикозварювальній машині 4 вхідної ділянки окремі смуги зварюються в неперервну. Особливістю агрегату є вертикальна башта, в якій розміщена частина технологічної ділянки з накопичувачем смуги 6 та травильною шахтою 7. у травильній шахті смуга вертикально рухається між форсунками, з яких на поверхню подається кислотний розчин, що хімічно видаляє окалину. На відміну від горизонтальних НТА розчин має постійну концентрацію, що поліпшує якість травлення та збільшує його швидкість. Кислота й окалина опускаються в нижню частину шахти, де видаляються на переробку. Промивання у ваннах 8 та сушка у пристрої 9 технологічної ділянки та робота вихідної ділянки 10,3,11 аналогічні горизонтальному НТА.

Розглянемо конструкцію окремих машин сучасних НТА. Для попереднього механічного руйнування окалини на більшості сучасних НТА використовують комбіновані машини правлення розтягуванням із згином (рис. 4.4). У порівнянні з багатороликовими конструкціями для правлення знакозмінним згином розтягувальні напруження сприяють відриву від основного металу окалини, зруйнованої при згині.



1 – смуга; 2,4 – барабани для створення натягіння; 3 – ролики для правлення згином

Рисунок 4.4 – Варіанти машин для комбінованого правлення

Стикозварювальна машина (рис.4,5) призначена для зварювання встик кінців двох смуг з метою забезпечення безперервного руху смуги через травильні ванни і одержання більших рулонів протравленої смуги для підвищення продуктивності стана холодної прокатки. Міцність шва при зварюванні повинна дорівнювати міцності матеріалу смуги (для виключення розривів смуги при холод-

ній прокатці). Кінці смуг необхідно строго центрувати при зварюванні. Товщина їх повинна бути однаковою.

Зварювання здійснюється оплавленням і здавлюванням кінців двох смуг. За допомогою роликів 1 і 2 кінці смуг подаються в машину до упору в калібрований клин 3, що переміщається по вертикалі за допомогою важільно-гидравлічного привода. Обидва кінці фіксуються в мідних затискачах; затискачі 4 установлені на нерухомій плиті 5, а затиски 6 — на рухливій плиті 7. Плити й затискачі електрично ізольовані між собою.

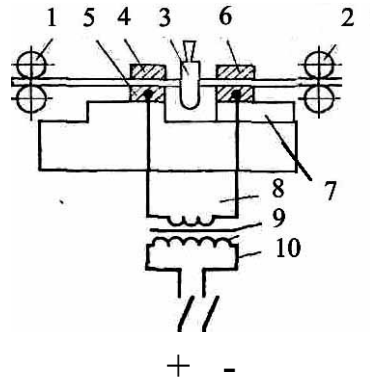


Рисунок 4.5 - Принципова схема стикозварювальної машини

Мідні затискачі приєднані до кінців вторинної обмотки 8 трансформатора 9. Первинна обмотка 10 підключена до мережі змінного струму.

Після підйому клина 3 плита 7 переміщує затискач 6 до затискача 4, кінці смуг зближуються й при їхньому контакті відбувається оплавлення торців. Для одержання щільного шва торці «осаджуються» при подальшому русі плити 7 із затискачем 6. Цикл зварювання кінців (включаючи зворотний хід плити 7) 25—30 с. Потім за допомогою роликів 1 і 2 смуга пересувається до встановленої поруч машини для видалення грата по обидва боки смуги (різцевого або фрезерно-барабанного типу).

Повний цикл зварювання кінців і знімання грата займає 1,0—1,5 хв, протягом яких у травильні ванни смуга безупинно подається з петльового накопичувача № 1 (див. рис.4.2).

Гидравлічний прес конструкції УЗТМ (рис.4.6) призначений для механічного з'єднання (зшивання) кінців двох смуг. Його застосовують у тому випадку, якщо матеріал смуги (наприклад, корозійностійка сталь) не дозволяє здійснювати зварювання. У той же час

зшивальна машина є резервною на випадок виходу з ладу стикозварювальної машини.

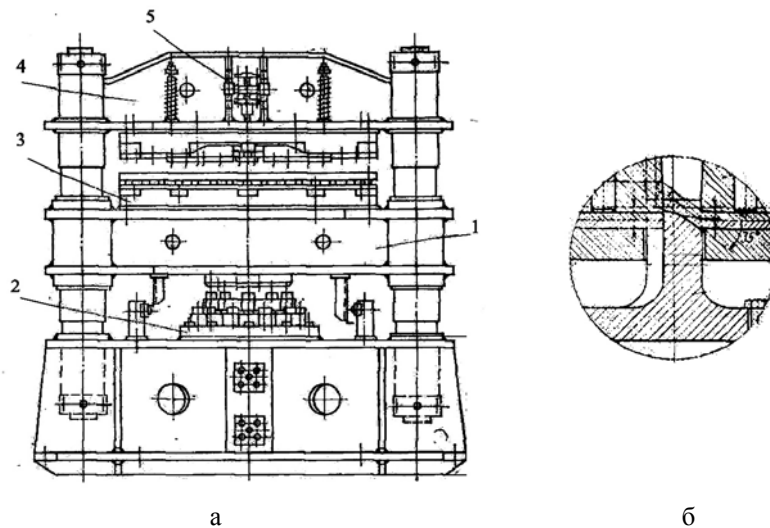


Рисунок 4.6 - Прошивний прес (а) та схема прошивання двох смуг (б)

Машини являють собою гідравлічний прес силою 4,5 МН із рухливою нижньою траверсою 1, що опирається на гідроциліндр 2. На нижній траверсі 1 встановлений штамп 3 з пуансонами, на верхній траверсі 4 укріплені матриці. За допомогою пневматичних циліндрів 5 опускаються упори, які фіксують положення кінців двох смуг. При ході траверси 1 нагору пуанسونи вирубують і відгинають нагору «язики» (відповідні форми пуансонів і матриць, рис) на обох кінцях смуги. За допомогою тягнучих роликів місце вирубку язиків розтягується; при цьому язики на задньому кінці смуги впираються в просічки на верхньому передньому кінці смуги (нижня траверса 1 опущена). Потім смуга «прокатується» цими роликами, які «притискають» язики, утворюючи місця зшивки смуг. Звичайно в штампі встановлюють 7-9 пуансонів у два ряди в шаховому порядку, і в такий спосіб при зшивці на смугі буде розташовано 7-9 язиків. Після травлення смуги перед змотуванням її в рулон місця зшивки вирізують гільйотинними ножицями.

Накопичувачі в безперервних агрегатах встановлені перед і за технологічною частиною і призначені для забезпечення її безперервної роботи при зупинках металу у вхідній та вихідній частинах для виконання необхідних операцій (зварювання, відрізання кінців смуги та ін.). У цих частинах агрегату робоча швидкість більша, ніж у технологічній, тому в першому накопичувачі запас металу утворюється при роботі вхідної части-

ни і витрачається при її зупинці, а у другому утворюється при зупинці вихідної частини за рахунок технологічної і витрачається при її роботі.

Найпростіші накопичувачі – петльові ями (рис.4.7,а), в яких запас металу утворюється у вигляді петлі внаслідок його просідання під власною вагою. Їхнім недоліком є мала місткість при значних розмірах, що неприйнятно для високопродуктивних агрегатів з високою швидкістю руху металу. Тому в таких агрегатах використовують горизонтальні накопичувачі з примусовим утворенням запасу металу (рис.4.7,б). Вони розміщуються під основним обладнанням і не вимагають значних додаткових площин в цеху, мають більшу ємність за рахунок утворення декількох петель смуги при значній протяжності. Запас металу створюється за рахунок переміщення каретки 4 з роликів 3 відносно стаціонарних роликів 2 під дією натяжіння з боку ланцюга 5, що створюється барабаном 6. Смуга переміщується натяжними роликами 1. Швидкість смуги на вході в накопичувач v_0 більше швидкості на виході v_1 , і запас смуги, що створюється за рахунок цього, формується у вигляді петель між роликami 2 і 3. Коли смуга на вході зупиняється ($v_0 = 0$) ролик 1 на виході створюють натяжіння, більше за натяжіння в ланцюзі 5. Різниця натяжінь переміщує каретку 4 з роликami 3 до роликів 2, за рахунок зменшення довжини петель запас смуги витрачається, забезпечуючи неперервну роботу ділянки на виході з накопичувача. Чим більше швидкість v_1 і продуктивність агрегату, тим більший запас смуги слід створювати в накопичувачі.

За аналогічним принципом функціонують і вертикальні накопичувачі в агрегатах вертикального типу (див. позицію 6 на рис.4.3)

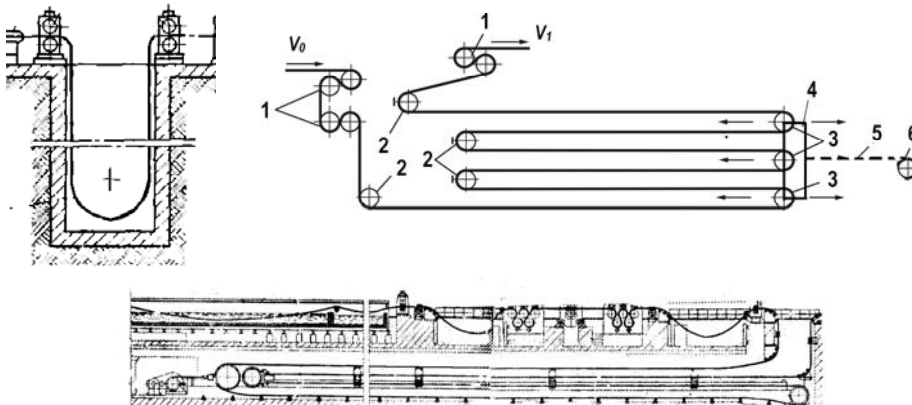


Рисунок 4.7 - Схеми (а,б) та загальний вигляд (в) петльових накопичувачів

Конструкції інших машин, що входять в НТА (розмотувачів, правильних машин, гільотинних ножиць, дискових ножиць, моталки), були розглянуті в попередніх змістовних модулях..

4.2 Механічне обладнання станів холодної прокатки

4.2.1 Загальна характеристика станів.

Основним агрегатом цеху холодної прокатки, що визначає його сортамент, якість продукції й продуктивність, є стан холодної прокатки. Холоднокатані смуги та стрічки виробляють на безперервних та реверсивних станах холодної прокатки з клітями кварто. Спеціальні види прокату виробляють на багатовалкових реверсивних станах. Продуктивність сучасних одноклітьових реверсивних станів (рис.4.8,а) становить 50-200 тис. т/рік (закордонних - до 500 тис. т/рік), безперервних (див.рис.4.8,в) – більше 900 тис. т/рік. Сучасною концепцією, розробленою фірмою SMS Demag для заповнення цього проміжку, є двохклітьові реверсивні стани ССМ (compact cold mill), у яких робочі кліті утворюють безперервну групу (див. рис. 4.8,б).



Рисунок 4.8 – Основні типи станів холодної прокатки: одноклітьовий реверсивний (а), двохклітьовий реверсивний (б), безперервний багатоклітьовий (в)

4.2.1 Безперервні стани холодної прокатки.

Безперервні стани холодної прокатки (БСХП) встановлюють у цехах великої продуктивності для випуску смуг і аркушів спеціалізованого сортаменту. Безперервні стани відрізняються від реверсивних більшим ступенем механізації й автоматизації й більше високими технічними параметрами по масі рулону, швидкості прокатки, потужності головного привода; продуктивність цих станів вище, ніж у реверсивних.

Безперервні чотирьохклітьові стани кварто застосовують для холодної прокатки тонких смуг (мінімальною товщиною 0,4-4мм) шириною 1370-2350 мм і масою до 30- 35 т; готова продукція призначається в основному для автомобільної

промисловості. Відповідно до необхідної ширини смуги довжину бочки валків станів приймають рівної 1525-2500 мм; швидкість прокатки досягає 20-25 м/с.

Безперервні п'ятиклітьові стани застосовують для прокатки тонких смуг та жерсті товщиною 0,15—3,5 мм, шириною до 2150 мм і масою до 40-60 т зі швидкістю до 25-30 м/с при довжині бочки валків до 2000-2200 мм.

Безперервні шестиклітьові стани використовують для прокатки тонкої жерсті товщиною 0,12 (0,08)-1,0 мм, шириною 500-1300 мм і масою до 30 т зі швидкістю до 30 м/с (довжина бочки валків-до 1320-1450 мм). Тонку жерсть застосовують у промисловості як готову продукцію (у консервній, хімічній і іншій галузях промисловості) або як підкат для одержання особливо тонкої жерсті товщиною 0,04-0,075 мм. Продуктивність безперервних станів для холодної прокатки досягає 1,5 млн. т/рік.

Основний склад обладнання БСХП (окрім станів безкінечної прокатки) містить транспортер та передатний візок або балку для подавання рулонів на стан, розмотувач 7 з відгиначем (рис.4.9), стіл з проводками 9, власне робочі кліті 10 та моталку 13. Послідовність операцій для таких станів наступна. Рулони протравленої смуги встановлюють на транспортер і по черзі подають їх до розмотувача стана. Валки всіх клітей спочатку обертаються із заправною швидкістю (0,5- 1 м/с). Передній кінець смуги на рулоні відгинають (магнітним або скребковим відгиначем), через провідний (роликівий або плоский) стіл подають посплідовно у валки кожної кліті й заправляють на барабан моталки. При прокатці тонкої смуги (до 0,5 мм) кінець заправляють не в щілину барабана, а намотують на барабан (перші 2-3 витки) за допомогою ремінного захльостувача.

З метою автоматичного регулювання товщини смуги між клітями встановлені ролики для виміру натягіння смуги й летучі мікрометри (товщиновимірювачі за першою й останньою клітями). Між останньою кліттю й моталкою передбачений напрямний ролик. Після заправлення переднього кінця смуги на барабан моталки встановлюють робоче натягіння (передне – моталкою, задне - розмотувачем) швидкість валків всіх клітей збільшують до максимальної робочої швидкості.

Процес прокатки рулону триває 5—10 хв і більше залежно від маси рулону. Перед закінченням прокатки швидкість валків зменшують; на заправній швидкості прокатують задній кінець (задне натягіння при цьому створюють провідними столами). Рулон прокатої смуги зіштовхують із барабана моталки на приймальний пристрій і передають на транспортер рулонів.

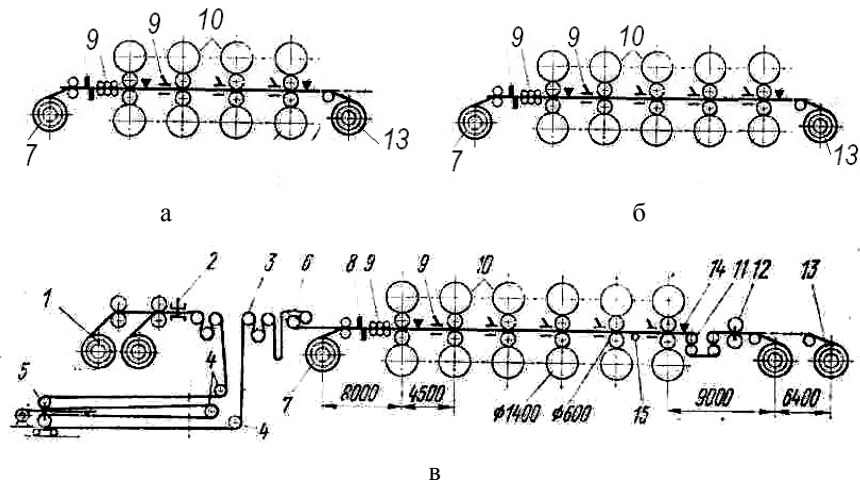


Рисунок 4.9 - Схеми безперервних станів холодної прокатки: чотирьох-кільцевого (а), п'ятикільцевого (б), шестикільцевого нескінченної прокатки (в).

Серед сучасних рішень слід виділити стани нескінченної прокатки, які по суті є безперервними агрегатами, технологічну частину яких становить власне стан холодної прокатки. На рис.4.10 приведена схема обладнання п'ятикільцевого стану 2030 НЛМК, поставленого німецькою фірмою SMS, а на рис.4.9, в. – схема шестикільцевого стану 1400 конструкції УЗТМ для прокатки жерсті товщиною 0.1 – 0.6мм.

Процес «нескінченної» прокатки дозволяє підвищити якість смуги, що прокатується (тобто зменшити різновтовщинність по довжині через стабільність процесу прокатки без перенастроювань стана) і вихід придатного, скоротити витрати валків (по зношуванню) і число трудомістких операцій по заправленню смуги в стан і внаслідок цього збільшити продуктивність стана, тому що прокатку смуги ведуть із постійною швидкістю й безупинно, знижують її тільки при прокатці зварених швів і при різанні на летучих ножицях.

Розглянемо взаємодію обладнання БСХП 1400 (див. рис. 4.9,в). На ньому поряд зі звичайною (порулонною) прокаткою з розмотувача 7 передбачена прокатка «нескінченної» смуги зі швидкістю до 25 м/с, що забезпечується за рахунок встановлення відповідного устаткування: на вхідній стороні стана - двох розмотувачів 1, стаціонарної стикозварювальної машини 2, петлевого пристрою (накопичувача) 4,5, а також роликів натяжних пристроїв 3,6 і на вихідній стороні - роликів натяжного пристрою 11, летучих ножиць 12, а також двох мо-

талок 13. Два розмотувачі 1 й стиковзварювальна машина 2, що зварює задній кінець смуги одного рулону з переднім кінцем смуги іншого рулону, створюють умови для одержання «нескінченної» смуги, яка, через петлевий накопичувач 4,5 (перед станом), задається в стан і потім на одну з моталок.

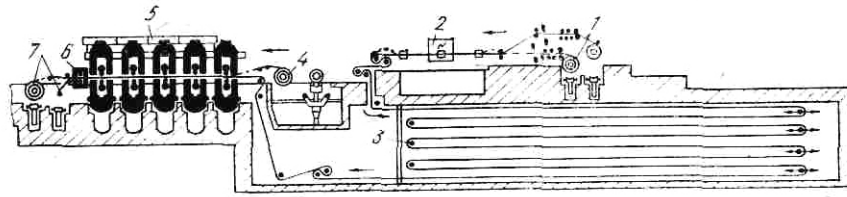
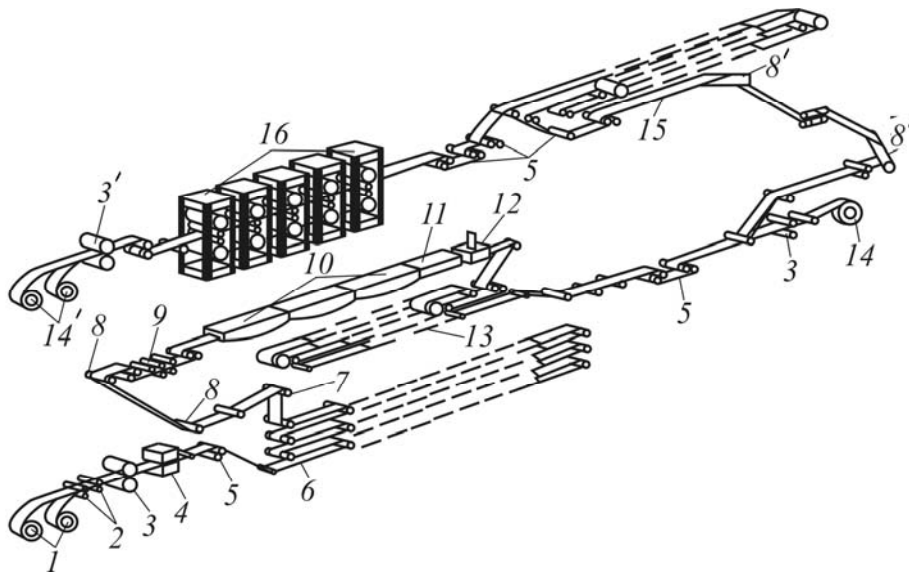


Рисунок 4.10 – Схема обладнання 5-клітьового стану 2030 нескінченної прокатки

Коли необхідно здійснити наступне зварювання зупинених кінців смуги двох рулонів, візок петлевого накопичувача 5 переміщують уперед (у напрямку до робочих клітей стану) і видають запас смуги в стан, не припиняючи процесу прокатки. Після закінчення зварювання смуг візок знову повертають у вихідне положення для створення запасу під наступну операцію зварювання. Оскільки швидкість прокатки велика у порівнянні з іншими неперервними агрегатами, накопичувачі повинні мати більший запас смуги, тому кількість петель сягає 5 і більше. Після того, як на одній з моталок змотано рулон необхідної маси, встановлені за останньою кліттю стану летучі ножиці 12 ріжуть смугу «на ходу», після чого смугу заправляють на іншу моталку. Необхідність спеціальних натяжних пристроїв 3 та 11 обумовлена наявністю ножиць після розмотувачів та перед моталками, що виключає використання цих машин для створення натяжінь, як на звичайних станах.

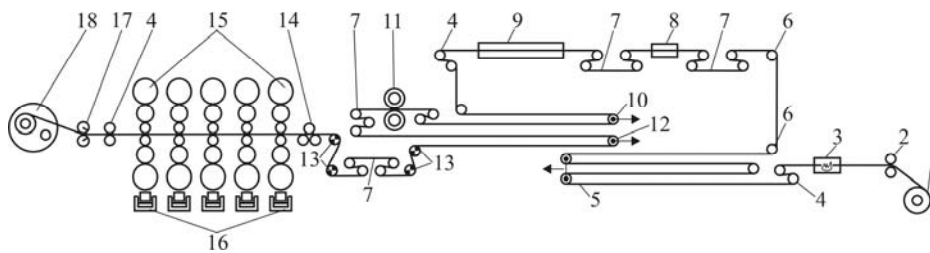
Подальший розвиток БСХП іде у напрямку об'єднання НТА та стану нескінченної прокатки в один агрегат, в якому одержана в НТА нескінченна смуга після травлення не розрізається, а одразу подається в прокатний стан. На рис. 4.11 та 4.12 показані варіанти суміщення НТА з БСХП.

Варіант на рис. 4.11 може бути використаний при модернізації існуючого обладнання, коли прокатний стан 16 та НТА 1-13 розміщені паралельно, і. Передача нескінченної смуги між двома паралельними лініями здійснюється спеціальними напрямними роликми 8', розміщеними до ліній НТА та БСХП під кутом 45° .



1 – розмотувачі; 2 – тягнучі ролики; 3, 3' – летучі ножиці, 4 – стикозварювальна машина; 5 – натяжні ролики; 6,13,15 – горизонтальні накопичувачі; 7 – обвідний ролик; 8, 8' - напрямні ролики, 9 – комбінована правильна машина; 10 - травильні ванни; 11 – ванни з водою; 12 – сушильний пристрій; 14, 14' - моталка; 16 – неперервний стан нескінченної прокатки

Рисунок 4.11 – Неперервний агрегат з паралельним розміщенням НТА та БСХП



1 – розмотувач; 2 – тягнучі ролики; 3 – стикозварювальна машина; 4 – натяжні ролики; 5,10,12 – горизонтальні накопичувачі; 6 – обвідний ролик; 7,8 – комбінована правильна машина; 9 – лінія травлення смуги; 11 – дресирувальна кліть; 12 – натяжні ролики; 14 – правильний блок; 15,16 – неперервний стан нескінченної прокатки, 17- летучі ножиці, 18 – карусельна моталка

Рисунок 4.12 – Неперервний агрегат з послідовним розміщенням НТА та БСХП

Вони змінюють напрямок руху смуги на 90^0 кожний, тобто два ролики розвертають смугу на 180^0 в паралельну технологічну лінію. При цьому залишається можливість самостійної роботи НТА, оскільки його вихідна ділянка 3,14 лишається незмінною.

На рис. 4,12 наведена технологічна лінія з послідовними розміщенням НТА та БСХП. Такі лінії використовують при створенні нових агрегатів, де проектування ведеться з урахуванням заданого розміщення обладнання.

Технологічні операції відповідають процесам, описаним для НТА та БСХП, а їхня послідовність – послідовності позицій на рис. 4.11, 4.12.

Робочі кліті більшості БСХП – це традиційні кліті кварто. На рис. 4.13 показана кліть сучасного стану. Вона складається з вузла станин 1-3, опорних 4,5 та робочих 6,7 валків. Опорні валки розміщені в подушках 8,9 з ПРТ 15,16. Робочі валки встановлені в подушках 10,11 на підшипниках кочення. Характерною особливістю сучасних робочих клітей є гідравлічні натискні механізми у вигляді гідрошайб 12,13, встановлених між подушками 8 та верхніми поперечками 2.

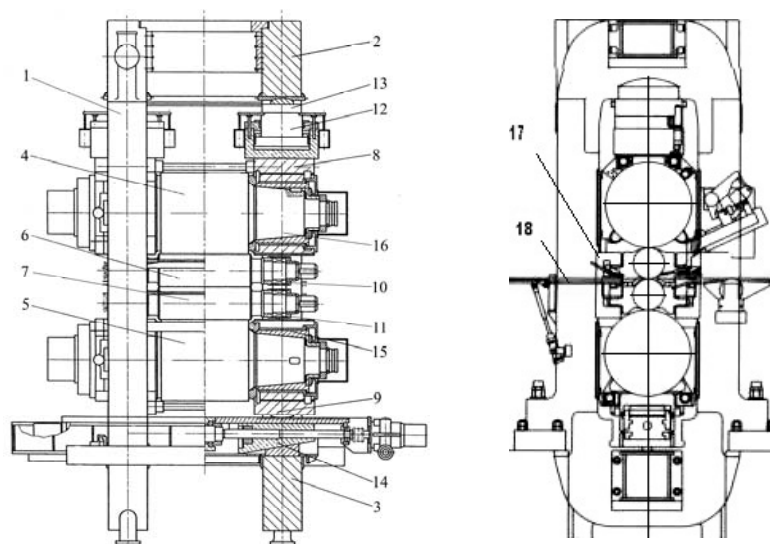


Рисунок 4.13 – Робоча кліть кварто стану холодної прокатки

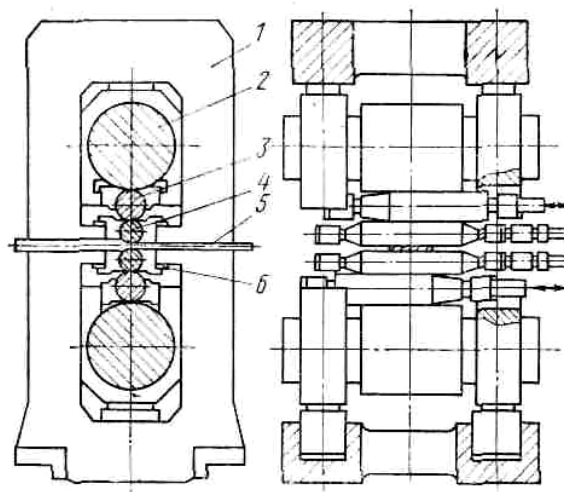
Це значно спрощує конструкцію верхніх поперечок станин. Між нижніми подушками 9 та поперечками 3 розміщений клиновий механізм 14 виведення валків на рівень прокатки. Гідравлічні механізми протизгину та врівноваження

валків в даному випадку виконані як Е-блоки 17, розміщені між подушками опорних валків. На вході і виході кліті розміщені проводки 18.

На сучасних станах також використовують 6-валкові кліті з осьовим зрушенням напівопорних валків 3 для регулювання профілю міжвалкового зазору (рис. 4.14)

Серед оригінального обладнання станів холодної прокатки представляє інтерес пасовий захльостувач смуги (рис.4.15), який призначений для задавання тонких смуг на моталку.

Пасовий захльостувач складається з корпусу 1, встановленого на візку 2, з яким він переміщується по напрямним 3 гідроциліндром 4. В корпусі виконано профільовану виїмку 5 під діаметр барабану моталки. До корпусу шарнірно кріпиться важіль 6, з'єднаний зі штоком гідроциліндру 7. На корпусі 1 та важелі 6 розміщені пари обвідних роликів 8 на які надіті два паралельних замкнуті реміні 9. Натягіння ремінів створюється гідроциліндрами 10 через закріплені на штоках ролики 11.



1-станина, 2 опорний валок, 3 – напівопорний валок з осьовим зрушенням, 4 – робочий валок, 5 – смуга, 6 - гідроблок

Рисунок 4.14 – Загальний вигляд (а) та схема (б) 6-валкової кліті CVC-6

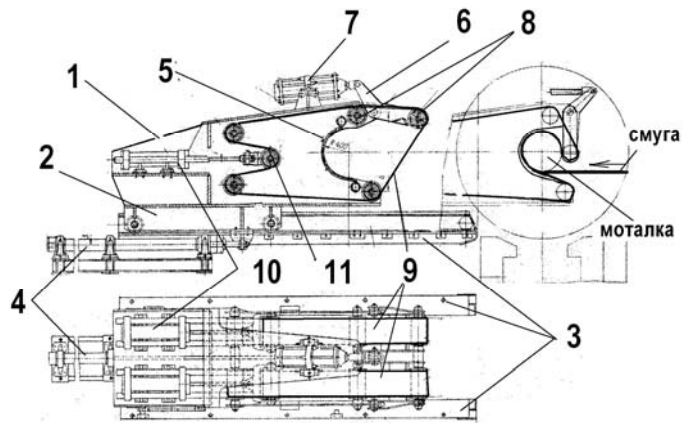


Рисунок 4.15 – Пасовий горизонтальний захльостувач ^{17 18}

Перед задаванням смуги гідроциліндр 4 пересуває захльостувач до моталки так, що її барабан входить у виїмку 5. За рахунок еластичності та опускання важеля 6 ремені охоплюють барабан моталки майже на 270° . При повороті барабану силами тертя приводяться до руху і ремені 9. Смуга подається в зазор між барабаном та ременями, які притискають її до барабану, і силами тертя смуга намотується на барабан моталки. Після намотування кількох витків, щоб було достатньо для захльостування смуги на барабані захльостувач відводиться від барабану у вихідне положення.

В залежності від характеру руху насування захльостувача на барабан моталки окрім горизонтальних бувають вертикальні та хитні захльостувачі (рис. 4.16, а, б).

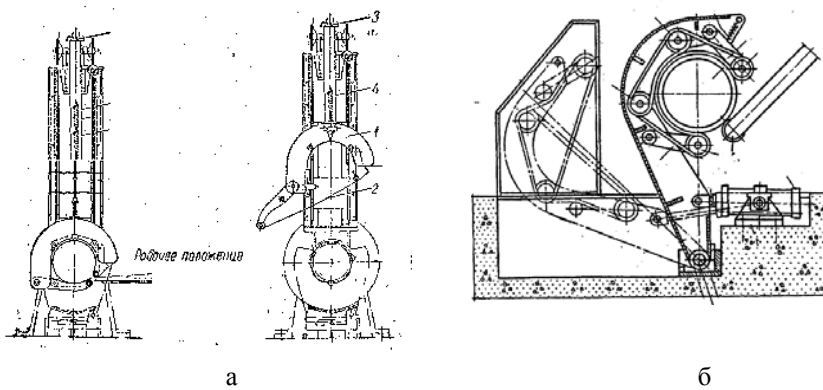


Рисунок 4.16 – Пасові вертикальний (а) та хитний (б) захльостувачі

4.2.2 Реверсивні стани холодної прокатки (РСХП).

Реверсивні стани холодної прокатки встановлюють у цехах при невеликому обсязі виробництва (50—120 тис. т/рік) із широким сортаментом смуг та стрічок з вуглецевих, легованих і електротехнічних сталей. У ряді випадків реверсивні стани встановлюють у цехах холодної прокатки великої продуктивності на додаток до безперервних станів. Прокатку на цих станах здійснюють у кілька реверсивних проходів, тому на вихідній стороні стана встановлюють моталку, а на вхідний, - крім розмотувача, другу моталку (рис.4.17).

Обладнання реверсивного стану містить розмотувач 1 з відгиначем 2, проводковий стіл 3, ліву 4 та праву 7 моталку, тензометричні ролики 5, робочу кліть 6 та пристрій 8 для знімання рулону з моталки.

Смуга з розмотувача 1 відгиначем 2 по проводковому столу 3 на заправній швидкості, минаючи ліву моталку 4, задається в робочу кліть 6 і моталку 7. Після фіксації смуги в моталці нею і розмотувачем 1 створюються робочі натяжіння і починається прокатка на робочій швидкості з розмотувача 1 на моталку 7.

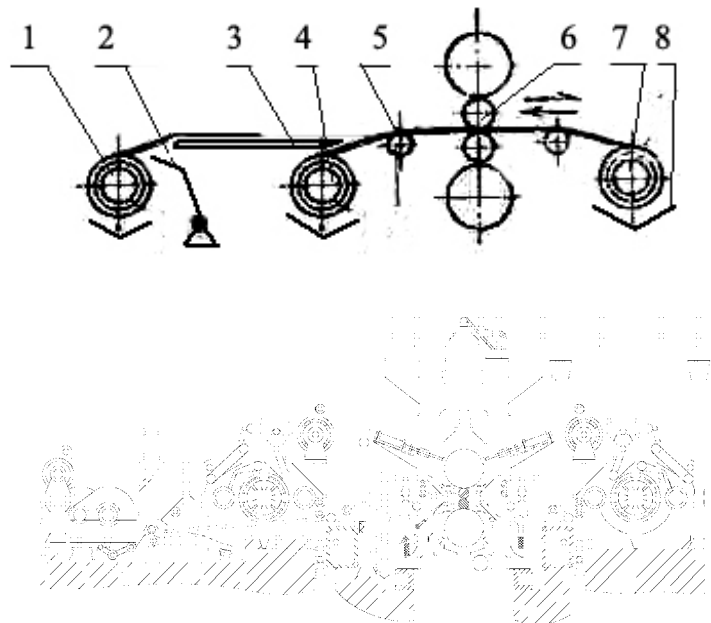


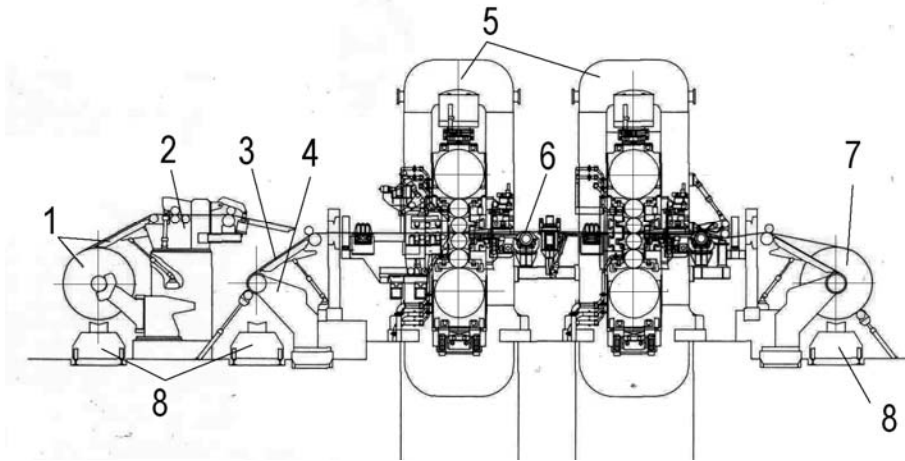
Рисунок 4.17 – Схема (а) та загальний вигляд (б) реверсивного стрічкопрокатного стану

Коли на розмотувачі закінчується смуга, стан гальмується до заправної швидкості і зупиняється. Кінець смуги задається в моталку 4, стан реверсується і надалі відбувається реверсивна прокатка з моталки на моталку за необхідну кількість проходів. Основною перевагою РСХП є відсутність обмеження кількості проходів на відміну від БСХП, де кількість проходів дорівнює кількості робочих клітей. Причому на великих смугопрокатних станах, де пристроєм 8 оснащена тільки вихідна моталка, кількість проходів непарна. На невеликих стрічкопрокатних станах, де немає відповідного транспортеру, пристрої 8 є на обох моталках, і парність проходів не лімітується, а їхня кількість визначається продуктивністю стану.

По конструкції реверсивні стани підрозділяють на стани з приводом через робочі валки й через опорні валки. Останній випадок більш характерний для станів для прокатки стрічок, які мають діаметр робочих валків 150 – 160 мм, і розміри хвостовика не дозволяють передавати необхідний крутний момент.

Робочі кліті реверсивних станів кварто по конструкції аналогічні безперервним.

Як вказувалось раніше, в останній час з'явилися двохклітьові реверсивні стани. Оскільки за один прохід обтиснення відбувається в двох клітях, продуктивність таких станів збільшується більш ніж вдвічі. На рис. 4.18 зображено двохклітьовий реверсивний стан фірми Danieli з 6-валковими клітями.



1-розмотувач з відгиначем; 2 – задавальний пристрій; 3 – підйомний проводковий стіл; 4 – ліва моталка; 5 – робочі кліті; 6 – тензометричний ролик; 7 – права моталка; 8 – пристрої для знімання ролонів

Рисунок 4.18 – Двохклітьовий реверсивний стан

Послідовність операцій на цьому стані аналогічна одноклітьовому стану, але в кожному проході дві кліті створюють неперервну групу, в якій при виборі швидкостей повинен виконуватись закон сталості секундних об'ємів. Тому контроль і керування швидкостей на такому стані більш складний.

4.2.3 Багатовалкові стани

Особливу групу реверсивних станів становлять багатовалкові стани. Вони призначені для виробництва тонкої (товщиною 0,1—0,5 мм) і найтоншої (до 1,0 мкм) смуги (стрічки й фольги) із важкодеформуємих сплавів, у тому числі з високовуглецевих і корозійностійких сталей підвищеної твердості. Основною перевагою цих станів є малий діаметр робочих валків (30—50 мм), завдяки чому знижується необхідна сила прокатки й з'являється можливість досягти великого обтиснення за один прохід — до 40—50 % і сумарного обтиснення (без проміжної термообробки) до 90 %. Використання валків такого малого діаметра забезпечується тим, що опорні валки в цих станах розміщені у вигляді піраміди і забезпечують сприйняття навантажень не тільки у вертикальному (від сили прокатки), але і в горизонтальному напрямку (від натяжінь). Така конструкція валкового вузла має велику жорсткість. Вперше такі стани були розроблені на початку 40-х років минулого сторіччя в США фірмою Sendzimir. В наш час розроблені різні варіанти багатовалкових станів з різною кількістю валків (рис. 4.19)

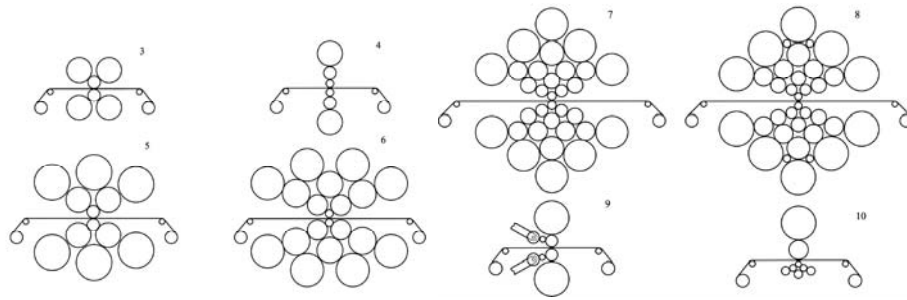


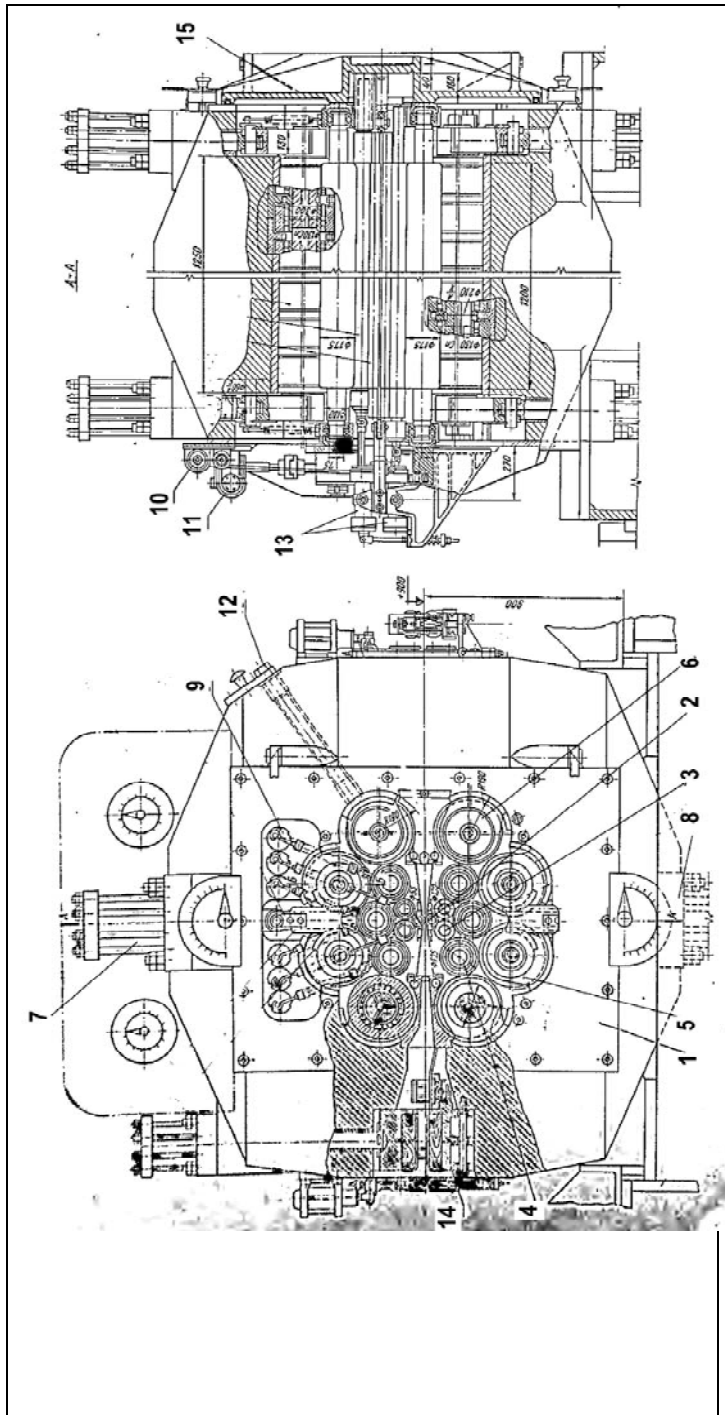
Рисунок 49 – Варіанти валкових вузлів багатовалкових станів

За складом обладнання багатовалкові реверсивні стани аналогічні звичайним РСХП. Відмінність становить безпосередньо робоча кліть, яка не має нічого спі-

льного з кліттю кварто. Розглянемо найбільш поширену робочу кліть 20-валкового стану Сендзіміру (рис.4.20).

Станина 1 робочої кліті являє собою масивний сталевий моноблок з великою жорсткістю, в якому виконано отвори для проходження металу та для розміщення валкового вузла. На вході в кліть встановлена прес-проводка. Кожен з валкових вузлів (верхній і нижній), складається з 10 валків, розміщених у чотирьох рядах. Робочий валок 2 (1-й ряд) опирається на два опорні валки 3 другого ряду, ті – на три опорні валки 4 третього ряду, які, в свою чергу – на чотири опорні валки 5,6 четвертого ряду. Валки перших трьох рядів суцільні традиційної конструкції. Опорними валками останнього ряду є спеціальні підшипники кочення 1, встановлені на ексцентриковій осі 2 (рис.4.21). В наведеній конструкції їх 6 на кожному з восьми опорних валків 4-го ряду.

Вісь 2 в проміжках між підшипниками встановлена в опорах 3. Опори 3 (на даному валку їх сім) в перерізі мають Т-подібну форму (див. рис 4.21,б) і контактують своїми циліндричними опорними поверхнями безпосередньо з циліндричною розточкою станини (див. рис. 4.20).



1 – станина; 2 – робочий валок; 3 – опорний валок другого ряду; 4 – опорний валок третього ряду; 5 – середній опорний валок четвертого ряду; 6 – крайній опорний валок четвертого ряду; 7 – верхнє ГНУ; 8 – нижнє ГНУ; 9 – пружинне врівноваження валків; 10, 11 – привід механізму виведення валків на рівень прокатки; 12 – механізм профілювання міжвалкового зазору; 13 – механізм осьового зрушення валків; 14 – прес-проводка; 15 – дверцята

Рисунок 4.20 – Робоча кліть 20-валкового стану

Така конструкція, по-перше, компактна, по-друге, рівномірно розподіляє навантаження по довжині валка.

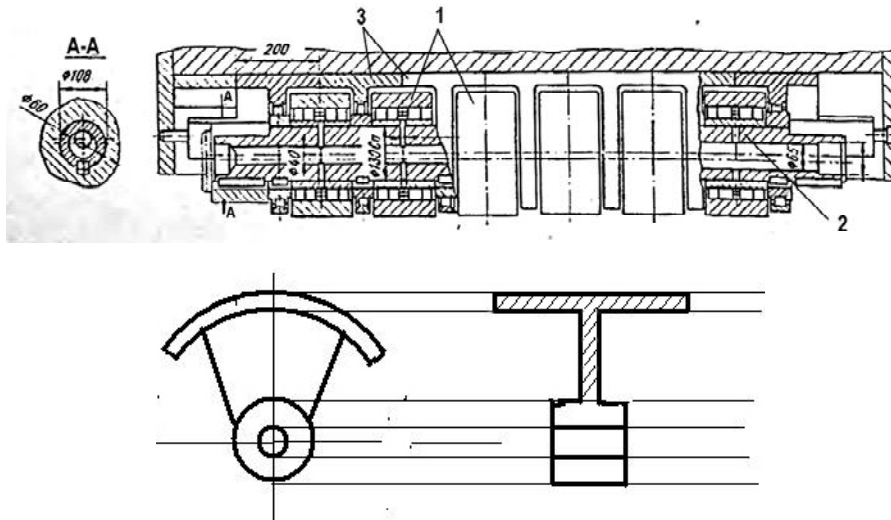


Рисунок 4.21 – Валковий вузол опорного валка четвертого ряду (а) та конструкція Т-подібної опори (б)

В осьовому напрямку в станині валкові вузли фіксуються дверцятами 15 (див. рис. 4.20), які закривають їх з боку обслуговування.

Приводними є крайні опорні валки 4 третього ряду (див. рис. 4.20), на які момент передається через зубчасті шпинделі від шестеренної кліти спеціальної конструкції. На інші валки обертання від них передається моментами сил тертя.

Робоча кліть має гідравлічні натискні механізми (рис. 4.22), два зверху та два знизу. На штоках гідроциліндрів 1 кожного механізму закріплено зубчасті рейки 2, які приводять зубчасті сектори (шестірні) 3, закріплені на ексцентричних осях 4 середніх валків четвертого ряду. При провертанні осей внаслідок ексцентриків опорні валки-підшипники змінюють своє положення. Регулювання міжвалкового зазору засноване на тому, що переміщення цих валків приводить до переміщення всіх валків піраміди, у тому числі і робочого. Тому зміна положення середніх опорних валків 4-го ряду приводить до потрібної зміни міжвалкового зазору. Сам гідроциліндр (див.рис. 4.22,б) має корпус 5, поршень 6 зі штоком 7, до якого шарнірно (вісь 8) кріпиться зубчаста рейка 2.

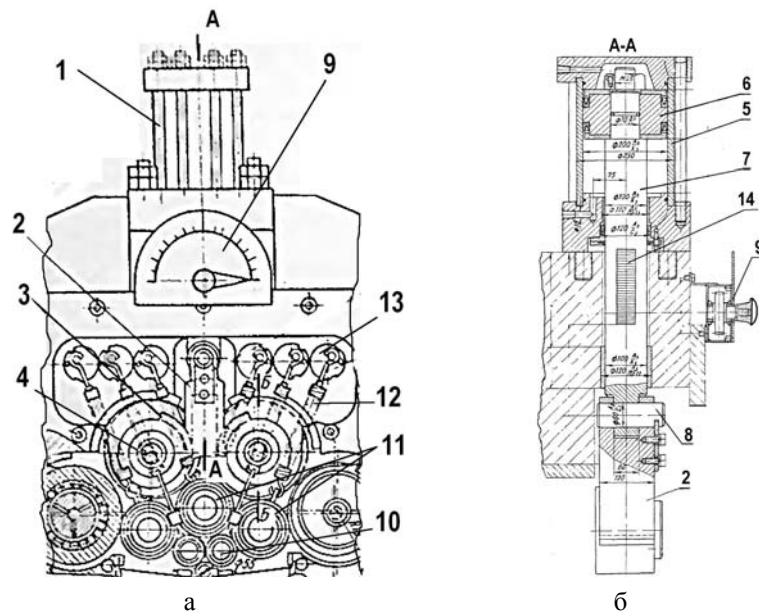


Рисунок 4.22 – верхній натискний механізм (а) та конструкція натискного гідроциліндру (б)

На штоці 7 нарізані зубці 14, що приводять кінематичний редуктор, зв'язаний з циферблатом 9, який показує величину міжвалкового зазору.

На цьому ж принципі засновано регулювання валкового вузла після переточок валків (виведення на рівень прокатки), але при цьому приводяться від окремих приводів з черв'ячними редукторами крайні валки 6 четвертого ряду (див. рис.4.20), викликаючи переміщення валкової піраміди, як би стискаючи її з боків і притискаючи до середніх натискних валків 5 четвертого ряду, які свого положення при цьому не міняють.

Врівноваження валків пружинне (див.рис.4.22,а). Для цього до подушок 10,11 опорних валків 2-го та 3-го рядів прикріплені пружини розтягнення 12, другі кінці яких закріплені на розміщених в станині ексцентрикових дисках 13, провертаням яких регулюють натягнення пружин. Самі подушки 10,11 виконані у вигляді стаканів з голчастими підшипниками.

Профілювання міжвалкового зазору регулюється, по-перше, осьовим зсувом опорних валків 2-го ряду, які мають по краях бочки конічні скоси (аналогічно напівопорним валкам 6-валкових станів НС) (рис.4.23,а). Для цього опорні валки 2-го ряду пересуваються в осьовому напрямку гідроциліндрами 13 (див. рис.4.20).

По-друге – примусовим прогином осі 1 найчастіше останнього по ходу прокатки валка 4-го ряду за рахунок окремої дії на кожну з Т-подібних опор 2 його осі, наприклад, гідравлічними циліндрами 3, на які вони опираються замість станини (рис. 4.24), або використанням ексцентрикових Т-подібних опор (рис.4.23,б) повертанням їх в розточках станини на різну величину ексцентриками 12 (див.рис.4.20). Переміщення Т-подібних опор на різні величини Δ_1 та Δ_2 призводить до прогину осі 2 протилежно прогину від сили прокатки, а внаслідок контакту між валками піраміди вони всі одержують відповідний протизгин.

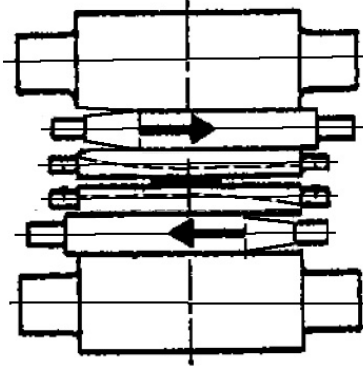


Рисунок 4.23 -

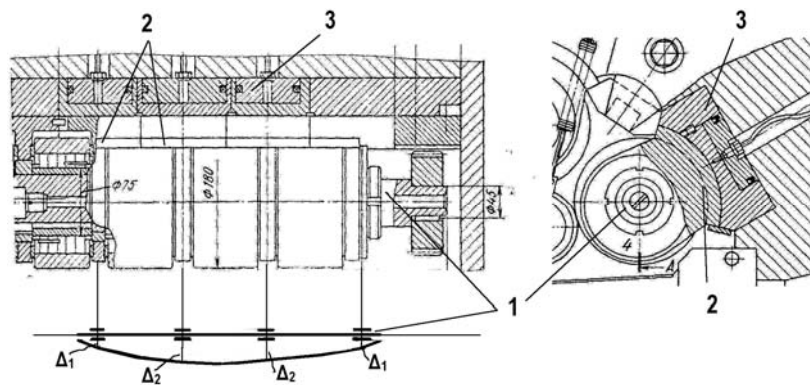


Рисунок 4.24 - Механізм профілювання міжвалкового зазору прогином осі крайнього опорного валка гідроциліндрами

Основними недоліками багатовалкових станів типу Sendzimir є складність налаштування валкових вузлів та потреба виробляти та збирати їх з великою то-

чністю, оскільки всі валки пов'язані між собою. Більш зручними в цьому випадку є стани МКВ та Z-стани (рис. 4.25), в яких робочі валки мають окремі системи опорних валків для сприйняття горизонтальних і вертикальних навантажень, тому регулювання вертикальних валків значно менше впливає на горизонтальні і навпаки. Кількість валків на деяких з таких станів перевищує 30.

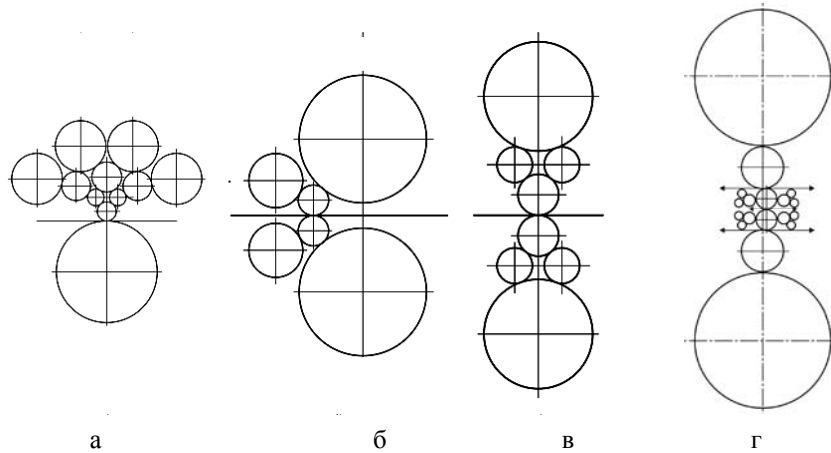


Рисунок 4.25 – Схеми деяких МКВ та Z-станів: 11-валкового Z-стану (а), 6-валкового МКВ-стану (б), 8-валкового (в) та 18-валкового (г) Z-станів

В наш час найбільш поширеною на станах холодної прокатки є 18-валкова кліть фірми «Шлеманн-Демаг» (рис.4.25, г). Її особливості полягають у застосуванні осьового зрушення й протизгину проміжних ("пляшкового" типу) валків, регульованої підпірної сили, що прикладається до робочих валків і багатозонного охолодження робочих валків. Діаметри валків: робітників 140; проміжних 355; опорних 1350 мм. Тобто діаметр робочих валків зменшений уже до 140 мм. Автори розробки повідомляють, що така прокатна кліть дозволяє регулювати як хвилястість крайки, так і коробуватість смуги з високою точністю, давати збільшені обтиснення, підвищити стійкість бічних опорних вузлів.

Розглянемо конструкцію 20-валкової кліті Z-стану (рис. 4,26). Кліть має станину закритого типу 1 з верхнім 2 та нижнім 3 натискними механізмами, як на звичайних клітях кварто. У вікнах станини розміщені подушки 4,5 опорних та напівопорного валків, а також валкові вузли 6 для сприйняття горизонтальних сил. Власне вузол валків складається з робочого валка 7, напівопорного 8 та двох опорних валків 9, які сприймають вертикальну силу (силу прокатки). Валки 8

виконані у вигляді розміщених на осі підшипників, що дозволяє компактно розмістити їх в подушці 4.

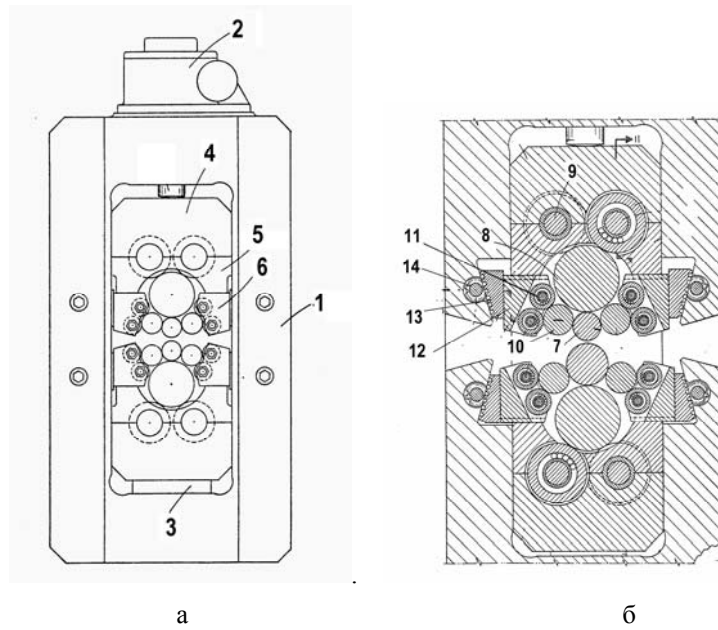


Рисунок 4.26 – Робоча кліть (а) та валковий вузол (б) 20-валкового Z-стану

Для сприйняття горизонтальних сил (натяжінь) кліть має два блоки додаткових валків: напівопорного 10 та опорних 11. Опорні валки 11 виконані як підшипники кочення, встановлені на осі, яка закріплена в касеті 12. Верхня частина касети спирається на подушку 5 основного напівопорного валка 8, а боковою вона контактує з клином 13 для горизонтального переміщення. Клин 13 встановлений в клиновій розточці станини. На його поверхні виконана зубчаста рейка, що утворює рейкову передачу з приводною шестернею 14. В клині вертикальний рух перетворюється на горизонтальний і рухає горизонтально касету 12 з валками 10,11. Переміщення валків при розведенні забезпечується пристроями врівноваження (на схемі не показані).

На рис. 4.27 наведено схеми валкових вузлів робочих клітей МКВ-станів.

Валковий вузол 8-валкової кліті МКВ (див. рис. 4.27,а) розміщений в станині і складається з робочого 1, опорного 2 для сприйняття вертикальних сил, та блоку валків напівопорного 3 та опорного 4 для сприйняття горизонтальних сил. Робочий валок 1 зміщений відносно вертикальної осі опорного 2. Валки 3,4 роз-

міщені в касеті 5 яка спирається на шток горизонтального натискного гідроциліндра 7, розміщеного в гідроблоці 6, закріпленому в станині.

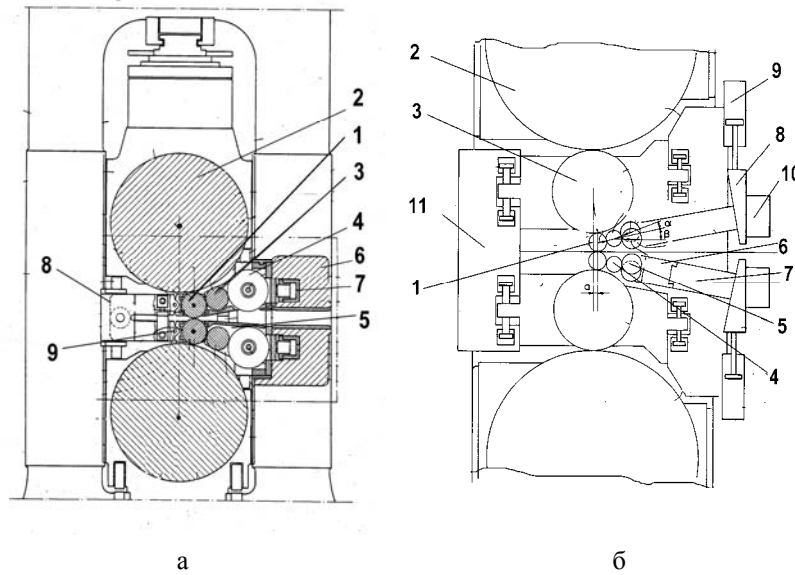


Рисунок 4.27 – Валкові вузли 8-валкової (а) та 10-валкової (б) робочих клітей МКВ-станів.

Вертикальне переміщення валків здійснюється звичайним натискним механізмом робочої кліті. Для врівноваження та протизгину опорних валків використовують гідравлічні блоки 8, в яких додатково розміщений вузол врівноваження валків 1,3,4.

Валковий вузол 10-валкової кліті МКВ (див.рис. 4.27,б) відрізняється наявністю між робочим 1 та опорним 2 напівопорного валка 3. Компонівка вузла робочого 1 та «горизонтальних» (тих, що сприймають горизонтальну силу) напівопорного 4 та опорного 5 валків аналогічна попередній схемі. «Горизонтальні» валки встановлено в касеті 6, яка через проставку 7 опирається на клин 8 горизонтального натискного механізму. Клин з другого боку спирається на додаткові балки 10, закріплені на станині. Вертикальне переміщення клина 8 гідроциліндром 9 перетворюється у клиновій парі в горизонтальне переміщення касети 6 з валками 1,4,5. Протизгин здійснюють гідравлічні Е-блоки 11, що діють на напівопорний валок 3.