

Лекція 3

1.5 Кліті спеціальних конструкцій

Кліті спеціальних конструкцій застосовують для прокатки спеціальних профілів таких як гільзи, кулі, вали, осі, колеса, шестерні, бондажі, періодичні профілі і т.і.

Конструктивно ці кліті поділяються на дво- і трьохвалкові.

Для прикладу на рис.10 приведена двовалкова кліть прошивного стану для прокатки гільз із суцільних круглих заготовок. Конструктивно кліть змонтована із двох станин 1 відкритого типу, тобто зі змінними кришками, що дозволяє перевалювати валки через верх якраз після знімання кришок. На станинах монтується всі інші вузли і механізми кліті. Станини роз'ємні по горизонталі. Валки 2 разом із касетами розташовані в камертонних проймах барабанів 3. Осьове зміщення барабанів унеможлиблюється кільцевими шпонками. Механізми наближення валків 4 мають натискні та обернені гвинти, які разом із приводами змонтовані безпосередньо на барабанах.

Кожен із барабанів разом із валком може повертатися зубчатою передачею на необхідний кут нахилу осі валка (до 17°) під час прокатки механізмом повороту барабана 5.

Перед перевалкою валків барабани повертають до положення, за якого осі валків займають вертикальне положення. Само повертання барабанів під час прокатки попереджується механізмами заклинення 6, розташованих в люках верхньої частини станин. Безпосередньо барабани заклинюються п'ятою натискного гвинта. Для заміни валків заклинювальні механізми 6 знімають із кліті краном і валки попередньо установлені вертикально, витягують разом із касетами також краном крізь вивільнені люки. Зверху кліті на вертикальній Т-образній траверсі закріплена лінійка (проводка) разом із механізмом регулювання її положення 7. Верхня лінійка 8 центрує та утримує заготівку 9 поміж валками 2. Нижня лінійка 10 підтримує заготівку і розташована стаціонарно на столі 11. Верхня лінійка 8 рухома вниз – вгору від Т-траверси, яку приводять до руху установочні гвинти, прикріплені до траверси і проходячі через гайки, запресовані в черв'ячне колесо редуктора.

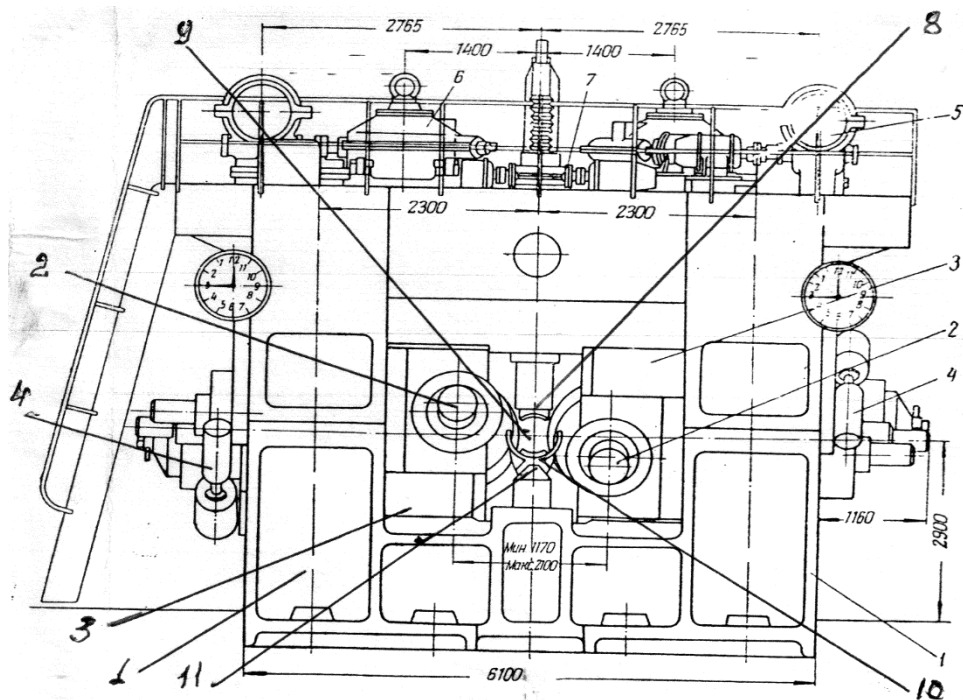


Рис. 10. Кліть прошивного стану (позиції пояснені в тексті)

Очевидно, що конструкція такої кліті набагато складніша, ніж звичайних клітей дуо. Кожен із механізмів кліті, розглянутих вище сам по собі має складну конструкцію, що за малого об'єму не розглядається. В подробицях конструкція таких клітей наводиться в спеціальній літературі [1,2]. До двовалкових клітей спеціального призначення та конструкції відносяться також кліті для прокатки куль, бандажів і зубчатих коліс.

В якості прикладу тривалкової кліті спеціальної конструкції розглянемо робочу кліть стану для прокатки круглих періодичних профілів. На рис. 11 а наведено схему такої кліті, а на 11 б сортамент прокатуваних профілів. Рисунок 11 б показує, що періодичні профілі мають періодично-змінний поперечний переріз по довжині. Очевидно, що така прокатка можлива за умови періодичного зближення-віддалення валків один від одного. Як видно із схеми (рис. 11 а) така кліть має три валка 2 з бочками у вигляді зрізаного конуса або диска. Валки в процесі прокатки зближаються – віддаляються (до осі заготовки – від неї) за допомогою гідроприводів 1. Прокатний профіль зі змінним по довжині перерізом 3 отримує сувору періодичність впадин-бульб, завдяки лінійці коміру 4, яка в свою чергу з'єднана із натискним патроном 5 і положення яких разом регулюється гідроциліндром 6 для осьового натягу профілю 8. Валки 2 обертаються електродвигунами за допомогою уподовжених шпинделів 7. Вид самої кліті зі сторони задачі заготовки в валки наведено на рис. 12. Кліть має три конічних валка 1, які під кутами 120° один до одного установлені у вікні 4 станини 2. Станина має трикутну форму, зварену із трьох елементів і має досить жорстку конструкцію. Зближення – віддалення валків виконується за допомогою гідроприводів, розташованих в гідроциліндрах 3.

Таке обертання в комбінації з натягом металу дозволяє отримувати високоякісні періодичні профілі як по мікроструктурі, так і за властивостями.

Насамкінець відмітимо, що трьохвалкові кліті доволі розповсюджені у трубопрокатному виробництві, наприклад, для розкатувальних редукційних станів.

Електродвигуни приводу обертання двох нижніх валків розташовані в прямках фундаменту з вхідної сторони кліті. Електродвигун приводу обертання верхнього валка розташований зверху над ввідним жолобом і з'єднаний універсальним шпинделем за допомогою редуктора з конічними шестернями.

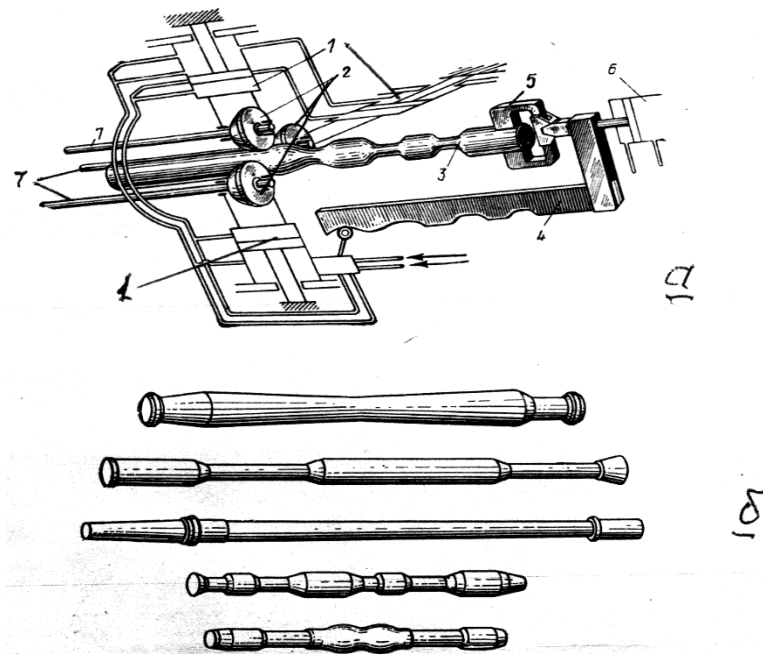


Рисунок 11. Схема (а) та сортамент (б) тривалкового стану періодичної прокатки (позиції в тексті)

Привод обертання валків на рис. 11, 12 не показано. Осі валків 3 нахилені під невеликим кутом ($4 - 6^\circ$) до осі заготовки, завдяки чому заготовка не тільки рухається вперед але одночасно обертається довкола своєї власної осі.

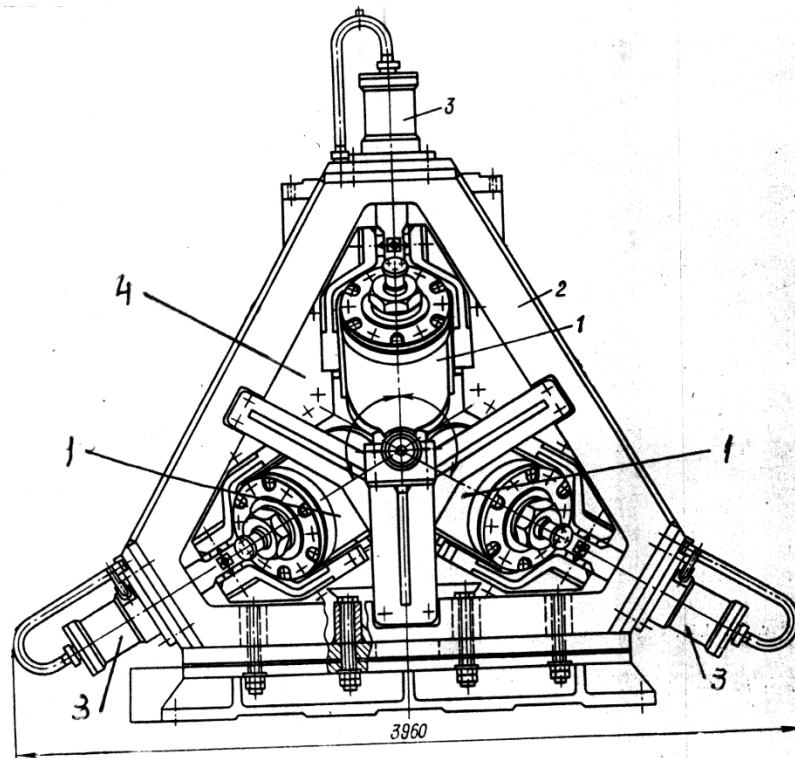


Рисунок 12. Робоча кліть тривалкового стана (вид зі сторони задачі заготовки в валки; позиції пояснені в тексті)

1.6 Розвиток та еволюція конструкцій робочих клітей

Вірогідно, що прообразом прокатних клітей сучасних прокатних станів була кліть стана з дошкою або плитою (рис.13). Не дивлячись на простоту такого устрою, технологічні елементи цього процесу використовуються і донині,

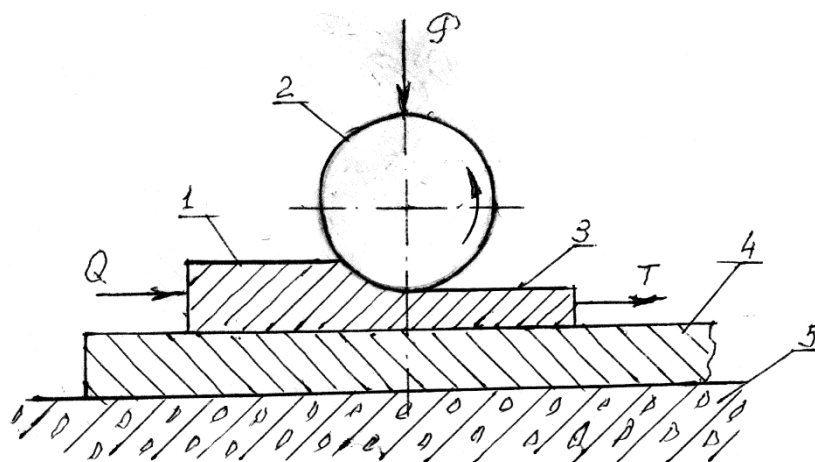


Рисунок 13. Схема прокатки в одновалковій кліті стана з дошкою: 1 – заготовка; 2 – валок; 3 – штаба; 4 – дошка (плита); 5 – фундамент. P, Q і T – зусилля відповідно обтиску заштовхування і натягу (витягання, протягування) металу.

наприклад при волочінні в роликівих волоках, в процесі прокатки труб на пилигримових станах і т.д. Поштовхом до розробки конструкцій робочих клітей у сучасному вигляді було надання валкові такого стану обертового руху від приводу. Якраз цим було започатковано створення двовалкових клітей. По свідченню Росса Е. Бейнона найбільш революційним кроком до створення сучасних прокатних станів була побудова першого стану блюмінга в 1866 р. в Даулес (Уельс). В 1867 р. в США (Colambia Iron Co) був збудований перший великий блюмінг для прокатки злиwkів блюми [3].

Якщо до цього процес прокатки був доволі примітивним за схемою зливки- готові профілі за малої маси злиwkів $Q < 1,0$ т, то починаючи з 1867 р схема прокатного виробництва виконується за так званою класичною схемою зливки – напівпродукти – готові профілі. Це дозволило постійно збільшувати масу злиwkів і дало поштовх і можливість виготовляти прокатні стани зі все більшими клітями складних і надійних конструкцій з валками великого діаметру і з бочками значної довжини. Із рис. 1 – 12 постає вся складність конструкцій сучасних клітей як в цілому, так і конструкцій їх окремих вузлів і механізмів.

В останні десятиріччя розвиток конструкцій робочих клітей іде в напрямках зниження їх металоємкості, енергоекономичност процесу прокатки та підвищення якості і точності розмірів (конкурентоспроможності) отримуваних профілів, штаб і труб. На перший погляд ці напрямки еволюційного розвитку конструкції клітей суперечливі поміж собою і, якщо це іноді так і є, то знаходять оптимальний варіант мінімізації цих суперечностей.

Сказане доволі наглядно ілюструється розвитком конструкцій клітей неперервних дротових станів. До 1960 р. дрiт прокатували тільки на неперервних дротових станах (НДС) чотириниточної прокатки 250. Склад, кількість і типи клітей НДС 250 (табл.1) показують, що в чорновій і проміжній групі використані кліті дуо з горизонтальними валками (Г в табл.1), в чистовій кліті дуо за схемою В – Г (вертикальні – горизонтальні). Практично на цих станах максимальна швидкість прокатки не перевищує 35 м/с. Швидкість прокатки лімітується в групах клітей Г – Г використанням кантуючих провідок, а в чистових групах В – Г – великими відстанями поміж клітями, присутністю петлестворювачів і можливостями петлерегулювання. Подальше збільшення швидкості прокатки на НДС 250 неможливе також із-за виникнення вібрацій клітей,

особливо чистових. Велика довжина і порівняно невелика швидкість прокатки на НДС 250 призводять до нестабільності температури металу (температурного клину) по довжині розкату і, як наслідок недостатньої точності прокатки. Крім означеного, внаслідок цих же причин мають в місце великі втрати металу в окалину, нерівномірність структури і властивостей і неможливості гарячої прокатки дроту діаметрами 5,0 – 5,5 мм. Для усунення цих та інших недоліків ряд фірм провели розробки чистових клітей НДС з їх блочним розташуванням. Вперше чистовий блок із тривалкових клітей був створений і побудований фірмою “Кокс” (Німеччина) у 1957 р.) Розглянемо склад блоку і конструкцію кліті (рис. 14 а і б), створені фірмою Кокс в останні роки.

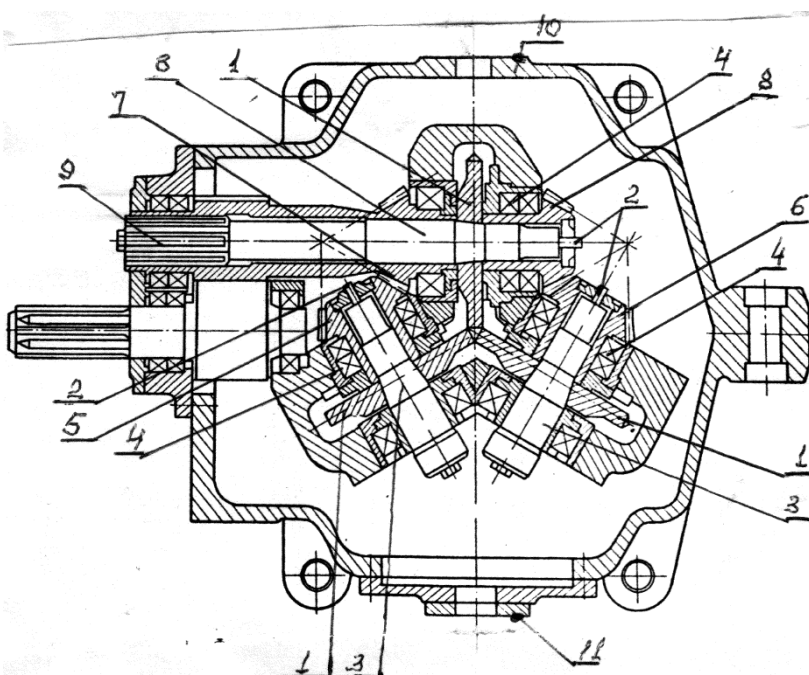
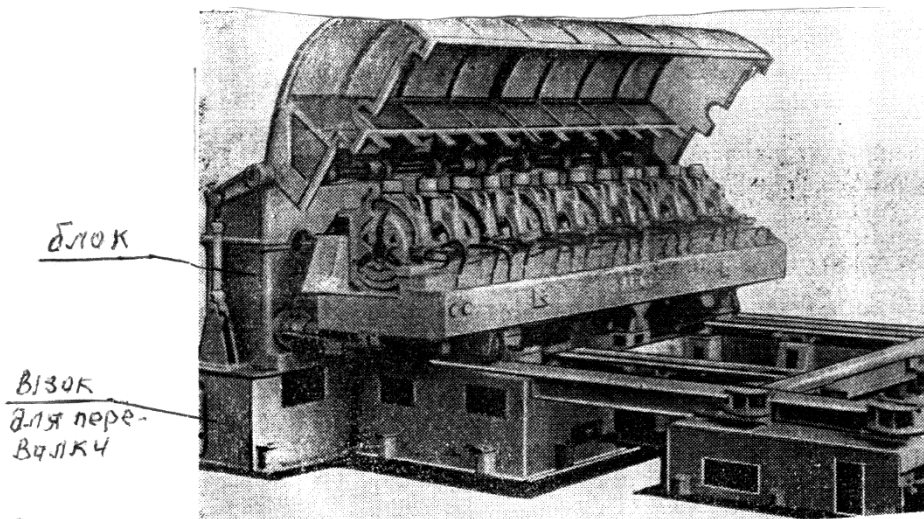


Рисунок 14. Блок (а) і кліть (б) фірми Кокс (позиції вказані у тексті)

Блок (рис.14 а) складається із 11 (13) трьохвалкових клітей, змонтованих майже впритул одна до одної з кроком 405 або 410мм. Кожна послідовна кліть повернута відносно попередньої на кут 180° . Діаметри валків – 290мм. Двонитковий блок із 13 клітей приводиться електродвигуном потужністю 1300 квт із числом обертів 800 – 1000 об/хв. через редуктор. Валки у вигляді дисків 1 (рис. 14 б) розташовані під кутом 120° . Диски 1 посаджені на вали 2, через вставки 3 з конічною посадкою.

Вставки – втулки 3, через які проходять вали 2, опираються на роликпідшипники 4 і за допомогою конічних колес 5 і 6 зачеплені з конічними колесами 7 і 8 приводного горизонтального вала 9. Точна установка клітей по осі прокатки досягається за допомогою опорних поверхонь кліті 10 і 11 та центрувальних болтів (на рис. 14 не показані). Тривалкові кліті мають суттєву перевагу перед двовалковими, завдяки обтиску металу по всьому периметру поперечного перерізу профіля, але мають конструктивні недоліки:

- відсутність осьового і радіального регулювання валків, що лімітує технологічні можливості блоку;
- велика кількість високошвидкохідних важконавантажених конічних передач і підшипників неподалік від гарячого металу (поблизу калібру), що перешкоджає подальшому збільшенню швидкості прокатки.

Означених недоліків не мають блоки фірм Morgan (США) і Zimaq (Німеччина), в клітях яких використані валки малого діаметру 150 мм, що дозволяє суттєво зменшити витрати електроенергії на прокатку і спростити конструкцію клітей.

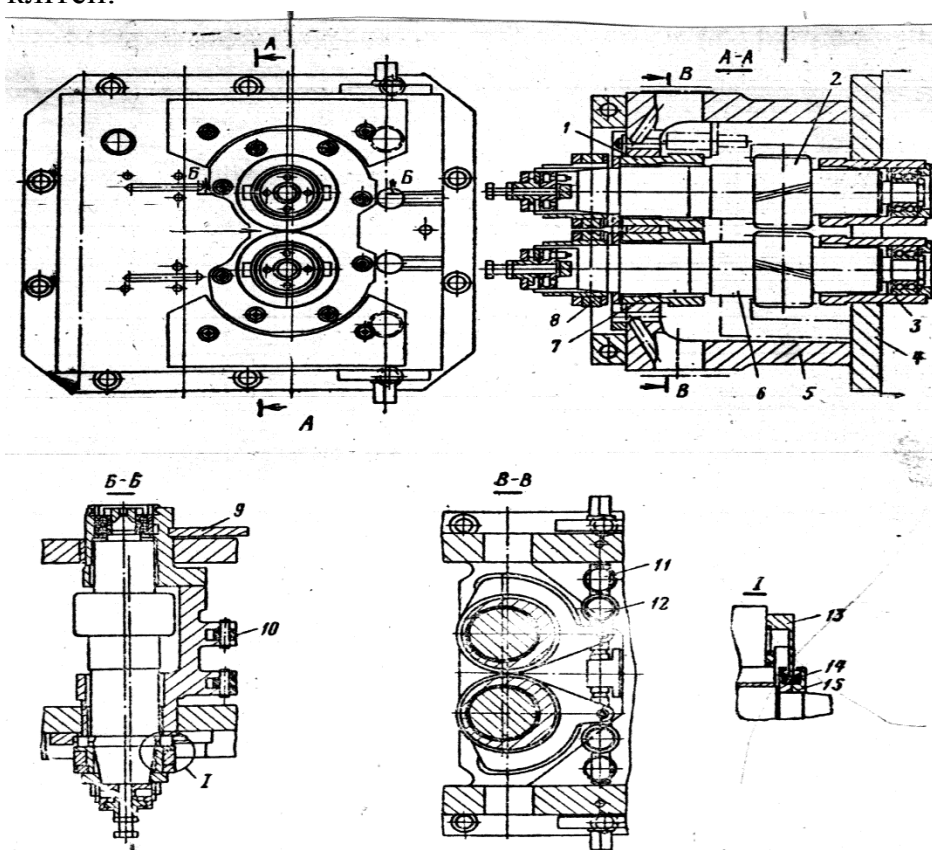


Рисунок 15. Конструкція кліті блоку фірми Morgan (позиції пояснені в тексті).

Таблиця 1. Склад і характеристика НДС 250 заводу “Криворіжсталь”

№№ і тип кліті	Діаметр валків max/min	Довжина бочки валків, мм	Швидкість прокату м/с	Потужність електродвиг. кВт	Оберти електродвиг об/хв	Прередатне число редукторів
1Г	480/430	1000	0,75...3,35	368	280...750	455
2Г	480/430	1000	0,97...4,35	1250	500...1150	61
3Г	480/430	1000	1,4...6,32	1250	500...1150	42
4Г	480/430	1000	2,05...9,15	1620	350...720	18,2
5Г	480/430	1000	2,9...13,1	1620	350...720	12,5
6Г	480/430	1000	4,4...19,8	3200	320...600	6,6
7Г	480/430	1000	6,36...28	3200	320...600	4,55
8Г	370/335	1000	7,86...29,2	3200	320...600	2,32
9Г	370/335	1000	10,1...30,6	3200	320...600	1,59
10Г	320/290	800	12,3...31,4	1620	360...720	-
11Г	320/290	800	14,8...32,5	1250	500...1150	-
12Г	320/290	800	17,3...33,2	1250	500...1150	-
13Г	320/290	800	19,8...34,1	1250	500...1150	-
14Г	320/290	600	21,4...34,8	800	800...1700	-
15Г	320/290	600	23,6...35,9	800	800...1700	-
16Г	320/290	600	25,8...36,5	800	800...1700	-
17Г	320/290	600	28,1...37,1	800	800...1700	-
18В	250/225	400	30,3...37,8	600	2100...3000	-
19Г	250/225	400	32,6...38,5	600	1850...4000	-
20В	250/225	400	34,9...39,0	364	1850...4000	-
21Г	250/225	400	36...40,0	364		-

Відмітимо, що майже однотипні за конструкцією блоки *Mogran* і *Zimaq* практично витиснули блоки інших фірм. Конструкція кліті блоку *Mogran* наведена на рис. 15, із якого видно, що валки 8 у вигляді кілець установлені консольно на валах 6, котрі обперті на підшипники рідинного тертя (ПРТ) 7. Осьові навантаження сприймаються кульковими підшипниками 3. Робочі кліті розташовані на рамах так, що привод усіх клітей блоку розташований на одній стороні від осі прокатки, чим забезпечується зручний огляд зони прокатки і обслуговування валків. Конструктивно – це кліть дуо консольного типу. Кожен валок має два калібри, один із яких робочий – завжди розташований по лінії прокатки. Вали валків 6 змонтовані в роз’ємних ексцентрикових втулках 8. Корпус кліті 5 – коробчатої форми з дном із сторони валків. З протилежної сторони до корпусу прикріплення кришка – фланець 4. Ексцентрикові втулки з боку валків сидять в пазах – розточках dna корпусу, а з протилежної сторони – в розточках кришки – фланцю. Регулювання розхилу валків в границях 10 мм виконується одночасним симетричним відносно осі прокатки провертанням ексцентрикових втулок вручну за допомогою гвинта 11 з різним напрямком різьби, через гайки 12 і серги 10, що з’єднує гайки 12 із приливами в ексцентрикових втулках. Повне регулювання відповідає куту поворота кожної із ексцентрикових втулок на 40°, тобто на 20° в той або інший бік від передньої позиції. Осьове жорстке положення ексцентрикових втулок в корпусі кліті

досягається за допомогою планок 9, які знаходяться в пазах ексцентрикових втулок і закріплені в кришці – фланці із зовнішньої сторони. Попередня точна взаємна осьова установка валів валків здійснюється за допомогою регулюючих прокладок під планками під час монтажу кліті і в подальшому не змінюється. Критерієм точності осевої установки є співпадання площин торців колець 15 ущільнювачів валів поміж собою. Ущільнення 14 складаються із двох армованих резинових кілець фасонного перерізу, нерухомо установлених в розточку кришки 13, яке закріплюється до передньої стінки корпусу кліті з боку валків. Пелюстки ущільнення ковзають по боковим поверхням обертових кілець 15, розташованих на валах 6 валків. Незначні габарити ущільнення забезпечують мінімальну консольність валків, чим підвищується жорсткість та зменшуються крутильні коливання кліті. На валах 6 валків нарізані зубці шестерні 2, які знаходяться в зачепленні поміж собою і установлені на підшипниках, корпуси котрих розміщені в розточках корпусу кліті та кришки – фланцю. Консольний хвостовик одного із валів шестерен з зовнішньої сторони кришки – фланця муфтою з'єднаний з вихідним валом конічного редуктора трансмісії приводу блока. Як правило, валки всіх клітей блоку мають малі діаметри 156/146 мм, тому їх виготовляють із зверхтвердих сплавів на основі карбиду вольфраму по технології фірми Сандвіч. Зубчаті зачеплення виконуються з високою точністю по 11 – 12 класам по нормам АГМА. Валки клітей установлені в ПРТ, мастило від яких збирається і відводиться за допомогою кришки 13.

Великі швидкості прокатки (80 – 100 м/с) для попередження виникнення значних крутильних коливань в обертових вузлах та вібрацій вимагають ретельного виготовлення, підгонки і настройки деталей і вузлів клітей. Як правило, кліті і блоки оснащені віброгасниками. В сучасних клітях кільця – валки напресовують з конічною посадкою по технології фірми СКФ (Швеція).

Розглянутий приклад розвитку конструкцій чистових клітей НДС показує, що така технічна еволюція можлива за умов розробки нових конструкційних матеріалів і нестандартних підходів в конструюванні вузлів і робочих клітей та прокатних станів в цілому.

В сортопрокатному виробництві габарити і маса клітей зменшуються при заміні класичних клітей дуо на безстанинні аналоги, наприклад, при використанні попередньо напружених клітей (ПНК), конструкцію яких розглянуто в подальшому.

Прикладом подальшого розвитку конструкцій штабо- та листопрокатних клітей кварто є розробка клітей НС (рис. 16), де робочі валки мають менші діаметри порівняно з чотиривалковими клітями [5]. Шестивалкова кліть НС аналогічна кліті кварто за винятком валкового вузла. Кліть НС змонтована в двох станинах закритого типу 11, на яких установлені всі інші вузли і механізми. Найчастіше кліть має два натискних механізми:

- верхній електромеханічний із гвинтів 9 і гайок 10 використовується при перевалці (заміні) валків для швидкого підйому опорного верхнього валка 4 на порівняно велику відстань.

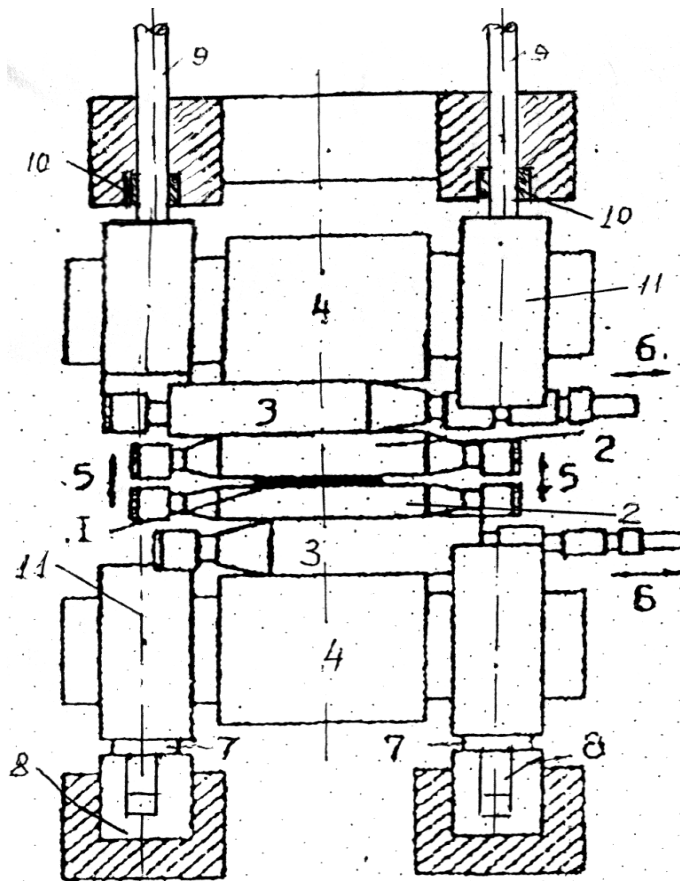


Рисунок 16. Схема шестивалкової кліті НС: 1 – штаба; 2 – робочі валки; 3 – проміжні валки; 4 – опорні валки; 5 – напрям вигину робочих валків; 6 – напрям осьового переміщення; 7 – мес дози; 8 – нижні гідро натискні устрої; 9; 10 – гвинт і гайка верхнього натискного устрою; 11 - станини

Нижні гідравлічні натискні устрої 8 разом з вимірювачами сили прокатки – мес дозами 8 використовуються в системі автоматичного регулювання товщини (САРТ) під час прокатки. Шестивалковий вузол складається із приводних робочих валків 2 проміжних опорних валків 3 і опорних валків 4. Кінці бочок валків 3 мають конусну форму, а самі валки обладнані гідроустроями осьового переміщення 6, які використовуються в системах автоматичного регулювання форми (САРФ) поперечного перерізу штаб. Головна перевага НС клітей порівняно з клітями кварто полягає в підвищенні згинальної жорсткості валкового вузла та виключенні необхідності профілювання робочих валків по групам штаб за їх шириною.

Досягається цей ефект осьовим переміщенням проміжних валків та установкою циліндричних частин бочок валків 3 навпроти кромek прокатуваних штаб. При цьому діапазон регулювання плоскості штаб 5 за допомогою примусового вигину валків 5 збільшується в 3-4 рази [4]. На початку НС – кліті використовувались, як реверсивні одно-клітьові стани з порівняно малою довжиною боочок валків, але після 1983 р. 73 кліті цього типу були установлені на заводах Японії, Німеччини і ін. країн. Головними

розробниками і постачальниками клітей НС є фірми “Хітачі” і “Кавасакі стил” (Японія) та “Шльоманн Зімаг” і “Маннесман демаг закк” (Німеччина).

Головні недоліки клітей НС це ускладнення конструкції та лімітування довжини бочок валків необхідністю обладнання клітей механізмами осьового переміщення валків. Незважаючи на ці недоліки, ефективність клітей НС очевидна. Так обладнання стана холодної прокатки клітями НС замість клітей кварто на заводі фірми “Сін ніппон сейтецу” (Японія) дозволило не змінюючи сортамент штаб, зменшити кількість клітей від 5 до 4, а на 6-клітьовому стані для прокатки жерсті збільшити товщину підкату від 2,3 до 4,0 мм, тобто на 42,5 % [4].