

4.3 Основні принципи калібрування валків для прокатки рельсов

Рейки прокатують на реверсивних станах лінійного типу (реверсивні двохвалкові і нереверсивні тривалкові стани) і на сучасних станах з послідовним розташуванням клітей. Прокатують рейки масою 43...75 кг на метр. Рейка належить до числа несиметричних профілів і характеризується неоднаковим розподілом металу між окремими його частинами, внаслідок чого неможливо досягти однакового обтиснення усіх частин профілю

при будь-якій системі калібрування. Найбільше обтиснення отримує шийка, а головку і підшву обтискають слабкіше.

Із-за матеріальної зв'язаності усіх частин профілю при неоднаковому їх обтисненні відбувається вимушене подовження ділянок, що менш обтискають, що неминуче супроводжується утворенням внутрішніх напружень. Останньому сприяють ще такі чинники, як прокатка з більшою швидкістю ділянок, що більше обтискають; інтенсивніше охолодження фланців підшви через те, що розміри їх менші, і вони утворюються раніше при вимушеному розширенні в перших пропусках.

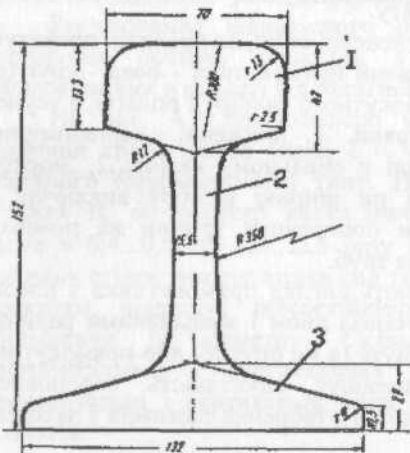


Рисунок 4.5 - Профіль рейки P-50: 1 - головка; 2 - шийка; 3 - підшва.

Існує багато різних систем калібрувань валків для прокатки рейок, але усі вони мають наступні загальні характерні особливості.

1. Усі калібри за формою розділяються на дві основні категорії: реброві і пластові, або рейкові. Спочатку зазвичай розташовують реброві

калібри, потім рейкові.

2. Для усіх калібрів слід вважати характерним два коефіцієнти: середній коефіцієнт витягання за усі пропуски, який у більшості випадків знаходиться в межах 1,20...1,22, і коефіцієнт витягання в останньому, чистовому калібрі, рівний 1,07...1,09. Перший коефіцієнт оцінює калібрування в цілому, надзвичайне його збільшення негативно позначається на якості рейок, оскільки призводить до зростання внутрішніх напружень. Другий невеликий коефіцієнт витягання дозволяє зменшити не лише внутрішні напруження, але і міру зносу чистових калібрів. Чим менше цей коефіцієнт, тим більше сприятливі умови роботи валків; мінімальне практичне значення його рівне 1,07.

Усі калібри для прокатки рейок розташовують в двох валках: верхньому і нижньому (кліті двохвалкові) або між середнім і одним з крайніх валків (кліті тривалкові). Усі бічні поверхні калібрів мають нахил на кут, величина якого більше на внутрішніх ділянках (до $10...40^\circ$), чим на зовнішніх (1-2%).

Велику частину калібрувань розраховують з 9-10 фасонними калібрами (залежно від розташування стана). На рис 4.6 і 4.7 показано калібрування валків для прокатки рейок. У ній передбачені 4 ребрових і 6 рейкових калібрів. У першому ребровому калібрі заготовку розрізають глибоким клином, а потім фланці підшови розгортаються в інших ребрових калібрах.

Цей метод калібрування рейок передбачає усунення недоліків, пов'язаних із структурою металу при первинній кристалізації з утворенням стовпчастих кристалів і в утворенні підкіркових пухирів. (Стовпчасті кристали розташовані перпендикулярно до поверхні зливка). При енергійній деформації стовпчасті кристали і газові пухирі міняють своє положення і розташовуються переважно паралельно площини підшови. Проте при недостатній деформації частина стовпчастих кристалів зберігає своє початкове положення не лише в розрізних, але і в рейкових калібрах, а це зменшує міцність підшови. Як відмічали вище на лінійних станах, рейки прокатують в калібрах, рівчаки яких врізані в два валки (рис.4.8).

Як видно, внаслідок різних висот розкату висотна деформація рейки буде нерівномірною і різною. Шийка по висоті деформується валками з практично однаковими діаметрами і швидкісні умови течії металу на верхньому і нижньому валках ідентичні. Умови деформації металу у відкритих і закритих фланцях різні. У відкритому фланці метал деформується двома валками, але швидкість в точці "А" з боку нижнього валка, внаслідок більшого його діаметру, буде істотно більше, ніж подовжня швидкість течії металу в точці "Б" з боку верхнього валка з меншим діаметром. Внаслідок відмінності в точках А і Б не лише горизонтальній, але і вертикальній швидкості течії металу, відбувається розтягування фланця і приріст його висоти. У закритому фланці метал деформується в рівчаку одного валка і за рахунок меншої швидкості течії металу в подовжньому напрямі, відбувається його волочіння зі зменшенням товщини і висоти фланця. Саме внаслідок відмінності умов деформації

металу положення відкритого і закритого фланців від калібру до калібру змінюють. Тобто, в i -ом калібрі відкритий фланець розташовують з боку верхнього валка, а в $(i + 1)$ -му калібрі - з боку нижнього валка. Тому з подальшого калібру (у тому числі і з чистового) рейка виходить з рівними розмірами фланців [14].

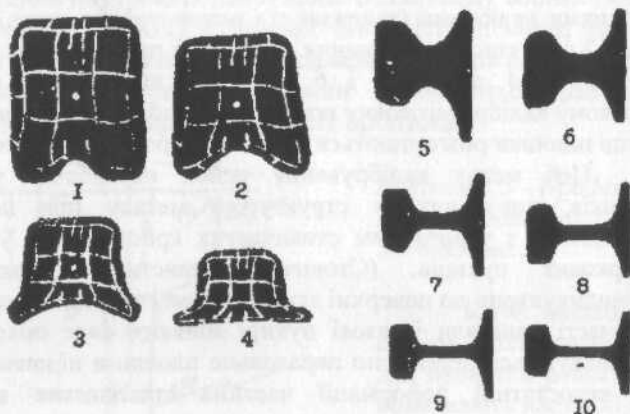


Рисунок 4.6 - Деформація металу в розрізних калібрах (по М.П. Галемину): 1-4 - номери калібрів

Рисунок 4.7 - Деформація металу в рейкових калібрах (по М.П. Галемину): 5-10 - номери калібри

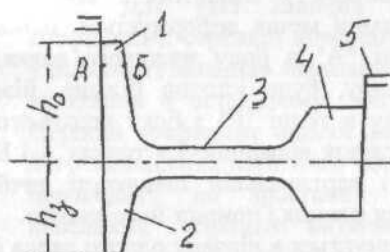


Рисунок 4.8 - Рейковий калібр: 1 - відкритий фланець; 2 - закритий фланець; 3 - шийка; 4 - головка; 5 - проміжок між валками

Спосіб прокатки рейок з використанням багатовалкових калібрів

У 1963-65 роках у Франції розроблений спосіб прокатки рейок з використанням багатовалкових калібрів. Застосовують рейкобалоchnі стани з послідовним розташуванням клітей і з реверсивним обертанням валків клітей (6-8 клітей). У лінії стана застосовують двошвалкові і чотиривалкові кліті. У двошвалкових клітях використовують горизонтальні валки (обтискна реверсивна кліть), в чотиривалкових – два горизонтальних і два вертикальних (рис.4.9). При цьому осі вертикальних валків розташовані в одній площині з осями горизонтальних валків. Чотиривалкові кліті з горизонтальними і вертикальними валками називають універсальними [14].

На станах з послідовним розташуванням клітей рейки прокатують з крупних блюмів до 13 т і із зливків. В першу чергу метал деформують в реверсивній обтискній кліті, а потім прямокутний блюм передають в чорнову універсальну кліть (рис.4.9,а). У універсальній чорновій кліті горизонтальні валки деформують шийку і внутрішні поверхні головки і підосви, а вертикальні валки деформують зовнішні поверхні головки і підосви. У допоміжній кліті робиться калібрування тільки ширини головки і підосви.

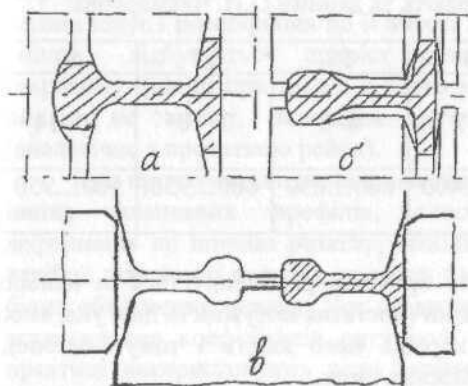


Рисунок 4.9 - Схема прокатки рейок з використанням багатовалкових калібрів : а-універсальна чотири-валкова кліть; б - допоміжна двошвалкова кліть; в - чистова універсальна кліть з тривалковим калібром.

У чорновій і допоміжній клітях (реверсивних) виконують по декілька проходів. У чистовій кліті робиться один калібрувальний

прохід. З метою зменшення кількості перевалок в горизонтальних валках чистової кліті виконують два чистових калібру.

4.4 Основні положення калібрування балочних профілів

Серед різних профілів прокатного виробництва особливе місце займають двотаврові балки, які застосовуються в усіх областях народного господарства. Типові схеми прокатки стандартних двотаврових балок показані на рис.4.10. Прокатка балок за схемою I виконується в калібрах закритого типу: перші 1-2 калібри по ходу прокатки називають розрізними. Зазвичай схема I застосовується для прокатки балок № 10-30 (висота їх $H=100-300\text{мм}$).

За схемою II роблять прокатку балок № 30-60, де профілювання заготовки виконують у відкритих балочних калібрах, які виточують у валках обтискної реверсивної кліті. На блюмінгу виконують два реброві проходу з метою отримання необхідної ширини профілю, який потім передають на рейкобалочний стан для прокатки в закритих балочних калібрах.

Діаметр валків і число проходів при прокатуванні двотаврових балок вибирають за даними О.П. Чекмарьова:

Номер профілю	10	18	27	50
Число проходів у фасонних калібрах	5-7	6-8	7-10	10-14
Діаметр валків, мм	350...400	600...650	800...950	900...950

Мінімальне число проходів рекомендується за найбільш сприятливих умов прокатки (достатня потужність двигуна, висока температура металу, хороша його якість і тому подібне), а максимальне – за протилежних умов.

Так звані стандартні балки з похилими поверхнями полиць прокатують в калібрах, які врізані в два суміжних горизонтальних валка. У кожному калібрі виконують по одному проходу. Балочні калібри виготовляють закритого типу і при цьому положення

відкритого і закритого фланців періодично міняють місцями, що пов'язано з різними умовами деформації металу в них.

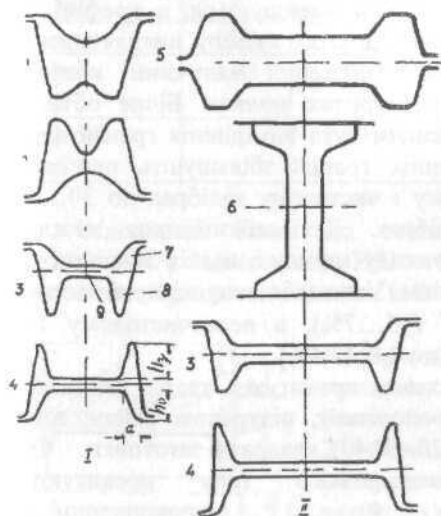


Рисунок 4.10 - Типові схеми прокатки стандартних балок :
 1,2 - розрізні калібри;
 3,4 - закриті балочні калібри;
 5 - відкритий балочний калібр;
 6 - ребровий прохід на блюмінгу;
 7 - відкритий фланець;
 8 - закритий фланець;
 9 - стінка;
 h_0 і h_1 - висота відкритого і закритого фланців;
 a - ширина полиці біля її основи

У відкритому фланці метал деформується двома валками (верхнім і нижнім) і тому разом з обтисненням по ширині Δh полиці існує і розширення по її висоті Δb . Таким чином, в цьому випадку відбувається приріст розмірів висоти полиці. У закритому фланці при заході в нього металу відбувається осадка полиці по висоті, внаслідок чого розмір її зменшується (аналогічно з прокаткою рейок).

При прокатуванні двотаврових балок, як і при прокатуванні інших фланцевих профілів, спостерігається нерівномірна деформація по ширині розкату, особливо в першому розрізному калібрі; швидкості валків в окремих частинах калібру різні; існує бічне обтиснення металу. Усе це визначає і одночасно утрудняє встановлення коефіцієнтів витягання по елементах калібру. У практиці використовують різні варіанти розподілу коефіцієнтів витягання елементів профілю залежно від його розміру. Так, для балки № 24 розподіл коефіцієнтів витягання вказаний в таблиці 4.1.

Як видно з табл. 4.1, в першому розрізному калібрі спостерігається максимальна деформація стінки. Потім, у міру прокатки, коефіцієнт $\mu_{ст}$ стінки зменшується, а коефіцієнт $\mu_{оп}$ відкритої полиці, починаючи з другого калібру, виявляється більш високим, ніж по стінці. Найменші величини коефіцієнта витягання характерні для закритих полиць. Бічне обтиснення полиць зростає зі збільшенням кута внутрішніх граней фланців. Тому кут ухилу внутрішніх граней збільшують приблизно з 10...12% в передчистовому і чистовому калібрах до 30...40% в чорнових розрізних калібрах. Для забезпечення можливості переточувань і вільного виходу металу з валків зовнішні стінки калібрів виконують з ухилом. Ухил (або випуск) приймається для чорнових калібрів $3...4^{\circ}$ (~5...7%), в передчистовому $1...1,5^{\circ}$ (1,7...2,6%) і в чистовому до $0,8^{\circ}$ (1,4%).

На рейкобалочних станах прокатують також рейки вузької колії, для трамваїв, метрополітену, підкранові рейки, швелери заввишки 200-400 мм (№ 20 - №40), квадратні заготовки.

Окрім балок стандартного типу прокатують і широкополичні балки (рис.4.11).

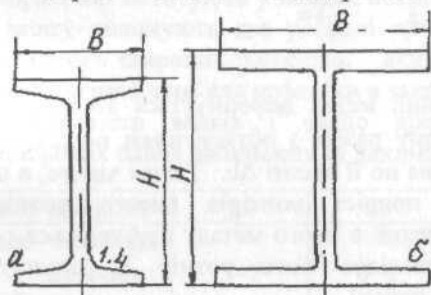


Рисунок 4.11 - Профілі стандартної (а) та широкополичної балок (б)

Таблиця 4.1 - Розподіл коефіцієнтів витягання μ_i і по елементам балки № 24

Коефіцієнти витягання	Номери калібрів				
	1	2	3	4	5
Стінки	1,48	1,45	1,43	1,4	1,33
Закритої полиці	1,035	1,065	1,065	1,062	1,035
Відкритої полиці	1,29	1,47	1,48	1,44	1,42

Продовження таблиці 4.1.

Коефіцієнти витягань	Номери калібрів				
	6	7	8	9	10
Стінки	1,23	1,16	1,13	1,085	1,06
Закритої полиці	1,03	1,01	0,98	0,95	0,94
Відкритої полиці	1,35	1,29	1,19	1,12	1,09

Стандартні балки по технологічним можливостям виготовлюють з відношенням $H/V = 1,8 \dots 3,15$, а широкополочні балки різного призначення мають $H/V = 0,7 \dots 2,46$.

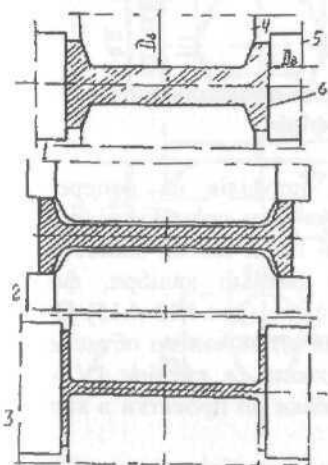


Рисунок 4.12 - Схема розташування валків для прокатки широкополочних балок: 1 - чорнова універсальна кліть; 2 - допоміжна кліть; 3 - чистова універсальна кліть; 4 - горизонтальні валки; 5 - вертикальні валки; 6 - розкат балки

Тобто, при одній і тій же висоті балки другого типу мають ширші полиці і можуть нести більше навантаження. Крім того внутрішні поверхні полиць широкополочної балки взаємно паралельні ($H = 200-1000$ мм).

Для прокатки широкополочних балок використовують балочні стани, з універсальними (чотиривалковими) клітьми [14,23]. На стані є декілька реверсивних чорнових універсальних і допоміжних клітей, в яких здійснюється по декілька проходів. У чистовій універсальній кліті виконують один прохід. На рис. 4.12. представлена схема деформації металу в клітях балочного стану.

Прокатку крупних широкополочних балок ($H \geq 600$ мм) починають на блюмінгу 1500, а балки з $H < 600$ мм повністю прокатують на універсальному балочному стані. У чорнових універсальних клітях роблять основну пластичну деформацію по

висоті стінки і ширині балки. У допоміжній клітці обтиснюють полиці по висоті для калібрування розмірів ширини полиць. У чистовій клітці виконують один прохід, в якому роблять остаточне калібрування розмірів широкополочної балки.

Діаметри горизонтальних валків універсальних клітей дорівнюють 1350 мм, вертикальних, - 1100 мм, а допоміжних - 1200 мм. Усі клітці обладнані натискними пристроями для регулювання розмірів калібрів у вертикальній і горизонтальній площинах. Це дозволяє після кожного проходу в цій клітці робити задане обтиснення розкату. Чорнова універсальна і допоміжна клітці розташовані у безпосередній близькості одна від одної і складають одну неперервну групу клітей. Таких реверсивних груп на стані дві-три. У кожній групі виконують 3-7 проходів залежно від розмірів балки.

4.5 Калібрування валків для прокатування сортових профілів

При прокатуванні сортових профілів на неперервних станах в клітках чорнової групи застосовують прямокутні (ящичні) калібри і гладку бочку, а в чистовій групі клітей застосовують квадратні, овальні, круглі, реброві овальні калібри, фасонні калібри, що відповідають формі профілю (рис.4.13-4.15) [14,23]. Чорнові калібри I - IV призначені для інтенсивного обтиснення і зменшення поперечного перерізу розкату, а калібри (V - VII) чорнової групи готують форму заготовки до прокатки в калібрах чистової групи (клітці VIII - XV).

При прокатуванні кутка форму калібрів чорнової групи клітей не міняють, а в чистових клітках використовують спеціальне калібрування (рис.4.13) із закритими (чи відкритими) калібрами, які дозволяють отримувати точні розміри полиць по ширині. Початок деформації металу і зміна його форми починається з VI й клітці.

Заготовка задається в перший фасонний калібр закритого типу. У VII - м калібрі формуються перші контури кутка, зокрема його вершина; у IX - й клітці відбувається зменшення розмірів фігурного профілю; у XI - м калібрі відбувається формування кутового профілю.

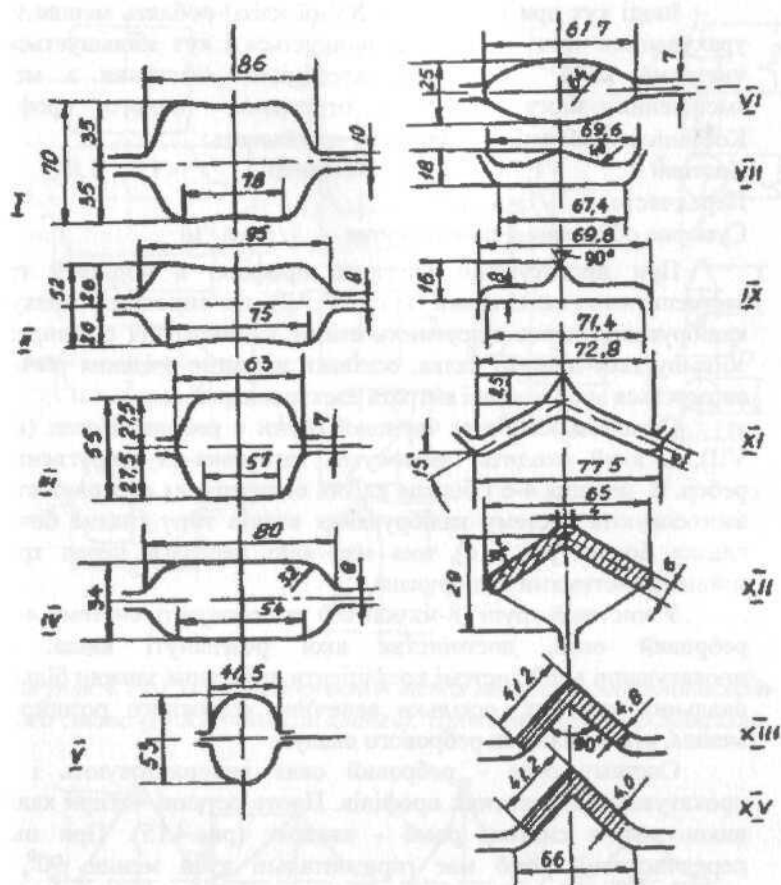


Рисунок 4.13 - Схема калібрування валків для прокатки кутка $4 \times 40 \times 40$ мм (I – XV)- номера клітей).

При прокатуванні в горизонтальних валках розміри лівої і правої полиць можуть відрізнятись один від одного. Для калібрування ширини полиць застосовують XII-у кліть з вертикальними валками (це єдина вертикальна кліть, яка задіяна в чистовій групі при прокатуванні кутка). Товщина полиць і остаточна форма кутка формується в XIII - й і XV - й клітях.

Іноді кут при вершині (у XV-ої кліті) роблять менше 90° з урахуванням того, що калібр зношується і кут збільшується. У чистовій кліті невеликий коефіцієнт витягання з метою зменшення зносу валків і отримання точного профілю. Коефіцієнти обтиснень полиць μ_n приймають:

Чистові - 1,25...1,3; Чорнові - 1,6...1,8

Передчистові - 1,45...1,5;

Сумарне обтискання полиць кутка - $1/\eta = 6...10$.

При прокатуванні круглого профілю в чорновій групі застосовують гладкі валки (кліті IV, VI), що спрощує розрахунок калібрування через відсутність стінок і обмеження розширення, збільшується діаметр валка, оскільки відсутнє врізання рівчаків, знижується знос валків і витрата електроенергії.

Останнім калібром чорнової групи є ребровий овал (кліть VII), в який входить прямокутна заготовка із закругленнями ребер. В перших 4-6 і більше клітях неперервних сортових станів застосовують систему калібрування валків типу гладка бочка - гладка бочка (рис.1.16), яка має явні переваги перед традиційними системами калібрувань.

У чистовій групі (8-мь клітей) застосовують систему овал - ребровий овал, достоїнства якої розглянуті вище. При прокатуванні в цій системі коефіцієнти витягання завжди більше в овальних калібрах, оскільки величина відносного розширення менша, ніж в калібрах ребрового овалу.

Систему овал - ребровий овал використовують і при прокатуванні квадратних профілів. Проте останні чотири калібри виконують в системі ромб - квадрат (рис.4.15). При цьому передчистовий ромб має горизонтальні кути менше 90° , що необхідно для отримання гострих горизонтальних кутів наступного чистового квадратного профілю. Розташування проміжків S в калібрах чистовий групи вказує на розташування валків в кліті (горизонтальне або вертикальне). Таке розташування валків виключає необхідність кантування розкатів перед задаванням в наступний калібр.

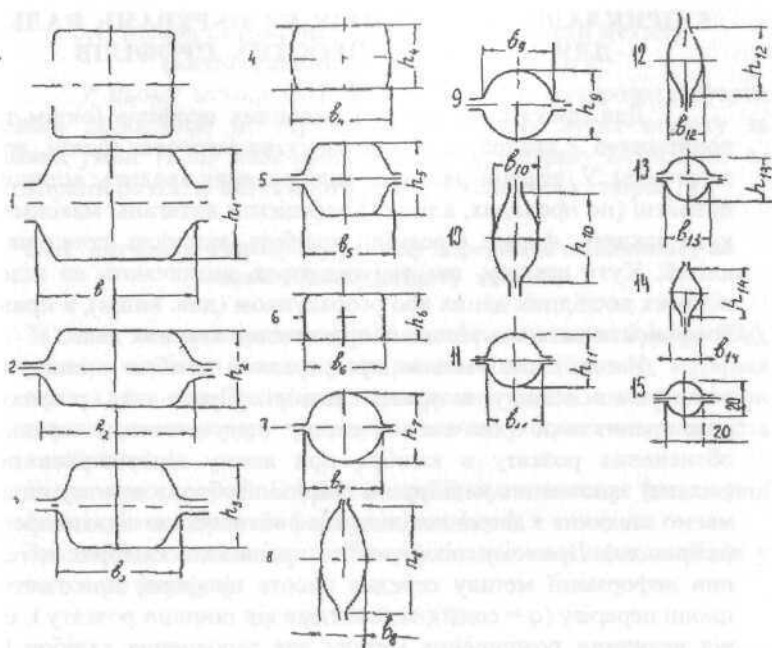


Рисунок 4.14-Схема калібрування валків неперервного дрібносортового стану (I - XV - номери клітей). Прокатка круглого профілю.

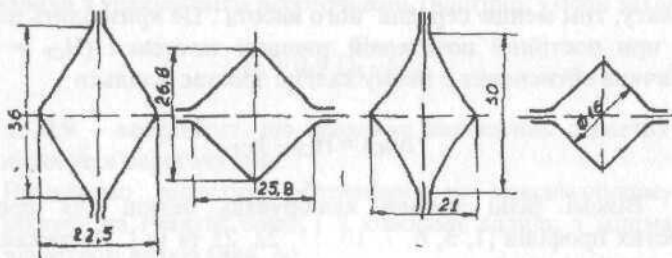


Рисунок 4.15 - Передчистовий і чистовий калібр системи ромб-квадрат.

Додаткові відомості про системи калібрувань простих профілів дані в розділі 5.