

## Лекція 9

### 2. ВАЛКОВІ ВУЗЛИ

#### 2.1 Типи, елементи і розміри валків

Валки-змінний робочий, тобто технологічний інструмент прокатних станів. Нараз саме бочкою валків в зазорі поміж ними і деформується прокатувана штаба. За формою бочки найбільш поширені валки листові з гладкою бочкою (а), обтискні з комбінованою бочкою (б) і сортові з калібною бочкою (в) на рис.34.

На трубопрошивних, трубопрокатних і станах спеціального призначення використовують валки із бочкою у вигляді конуса, диска (див. рис. 11;12) та грибовидні валки (рис.35).

Бочка валків - робоча частина інструмента, яка обтискує і переміщує прокатуваний метал. З двох сторін бочки розташовані шибки, котрими валок опирається на підшипники. Кінці валків, виконані у вигляді трефа, лопаттю або циліндричними зі шпоночними пазами. Один із трэфів виконує функцію з'єднувача валка з муфтою або шпинделем зі сторони привода.

Основні розміри бочок (рис.36-38), де  $O$ -номинальний діаметр і довжина  $I$ . Довжина шійок позначена  $\bar{II}$ , діаметр -  $\langle \gamma \rangle$ . Розміри валків стандартизовані і наведені на рис.36-38 та в таблицях 6, 7 і 8. Форма шійок валків з підшипниками кочення і ковзання на текстолітових вкладниках - циліндрична на підшипниках рідинного тертя (ПРТ) - конічна.

У валків обтискних і сортових станів, працюючих з верхнім або нижнім тиском, номінальним діаметром вважається відстань поміж горизонтальними осями валків в момент прокатки, що позначено індексом  $B_n$  на рис.34 б і в. Таким чином, номінальний діаметр  $\langle \xi \rangle$ , бочок валків обтискних і сортових станів більше від конструктивного (реального) діаметра бочки по буртам на величину зазора поміж валками 5.

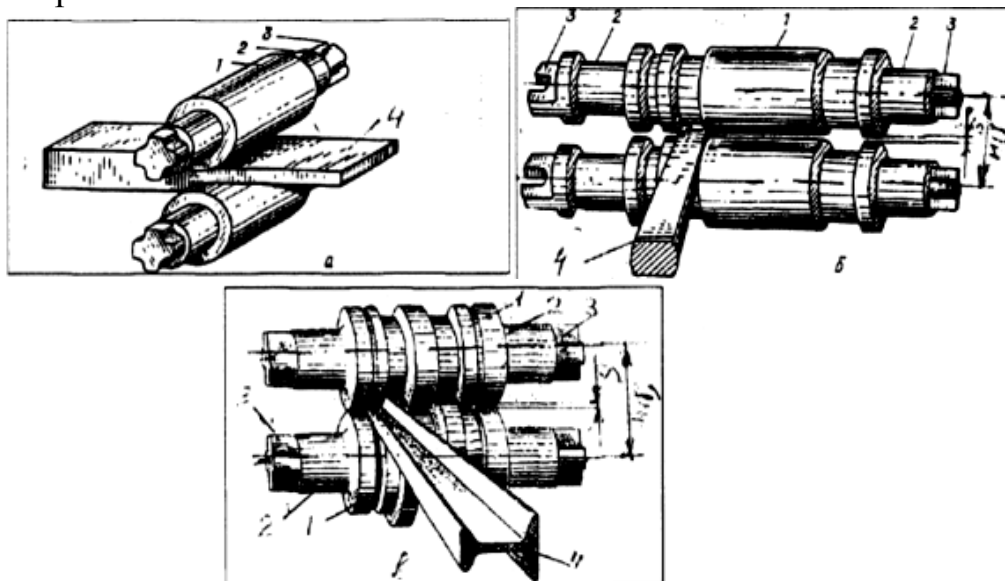


Рисунок 34 Типи і елементи прокатних валків:1- бочка, 2- шийка, 3- трэф, 4- штаба;а- листові валки, б- комбіновані валки, в- сортові валки.

Для реверсивних клітей з багатьма проходами метала під час прокатки величину зазора  $\delta_i$ , наприклад, для блюмінгів, приймають в останньому проході. Мінімальний діаметр бочок сортових і обтискних станів по дну калібра називають катаючим діаметром  $D_k$ .

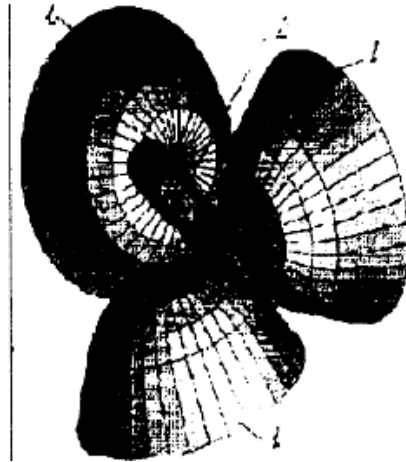


Рисунок 35 Валки (1) та прокатувана штаба (2) тривалкового планетарного стану (PSW)

Запобігаючи занадто глибокому врізуванню рівчака калібра в тіло бочки валка, приймають  $D_n < 1,4D_k$ . Для листових валків  $D_n = D$ .

Робочий або катаючий діаметр валків вибирають із умови достатньої міцності валка на згин і кручення. Крім того, для обтискних і сортових станів величина  $D_k$ , вибирається із умови сталості захоплення метала валками.

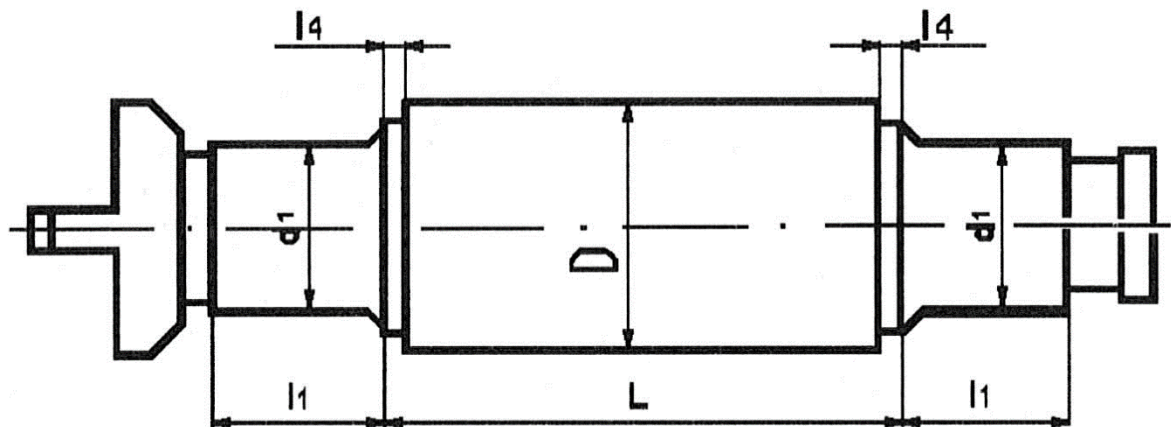


Рисунок 36 Валок стану дуо з підшипниками ковзання з текстолітовими вкладниками

Табл.6 Розміри циліндричних шийок валків обтискних заготівельних і сортових станів дуо з підшипниками ковзання на текстолітових вкладниках

D	d <sub>1</sub>	l <sub>1</sub>	r	D	d <sub>1</sub>	l <sub>1</sub>	r	D	d <sub>1</sub>	l <sub>1</sub>	r
270	170	190	20	480	290	320	30	730	460	510	50
	190	210	20		310	340	35		500	550	50

					330	360	35				
290	190 210	210 230	20 20	530	330 350	360 380	35 40	800	530 560	590 620	55 55
320	210 230	230 250	20 25	280	380 400	420 440	40 40	850	560	620	55
370	230 250	250 270	25 25	630	400 430	440 470	40 45	900	560 600	620 660	55 60
								1000	600 640	660 700	60 65
420	270 290	290 320	30 30	680	430 460	470 510	45 50	1150	690	760	75

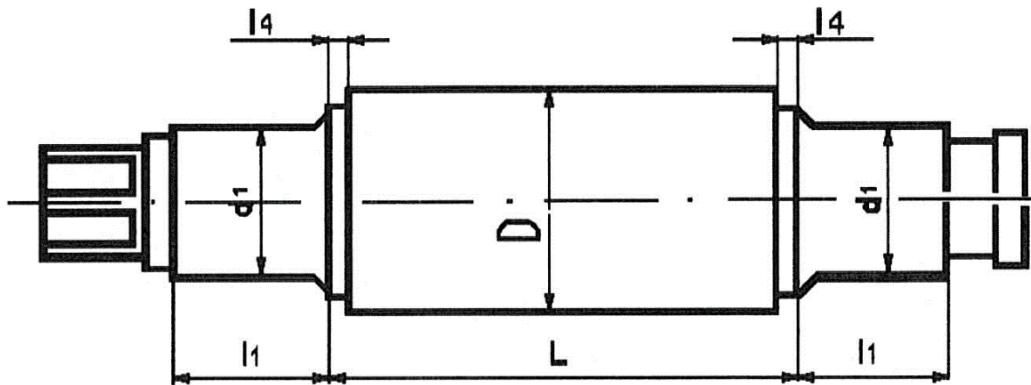


Табл. 7 Розміри шийок листових валків станів дуо на підшипниках кочення (циліндричні шийки) і ПРТ (конічні шийки)

D <sub>b</sub>	Циліндричні шийки					Конічні шийки			
	d <sub>1</sub>	l <sub>1</sub>	r	d <sub>2</sub>	l <sub>2max</sub>	d <sub>к</sub>	l <sub>к</sub>	l <sub>3min</sub>	l <sub>5</sub>
250	170 190	190 210	20 20	140 150	200 280	-	-	-	-
300	210 230	230 250	20 25	150 160 170	280 320 320	170	160	45	10
350	250 270	270 290	25 30	180 200	350 370	190 220	190 210	45 50	10 10
400	290	320	30	200 220	370 400	240	230	55	10
450	310 330	340 360	35 35	240 260	430 460	260 280	240 250	60 65	12 12
500	350	380	40	250 280	460 460	310	270	70	12
550	380 400	420 440	40 40	300 320	460 460	350	300	80	16
600	430 460	470 510	45 50	320 340	460 460	350	300	80	16
650	460 500	510 550	50 50	340 360	460 500	390	340	90	16
700	500 530	550 590	50 55	360 380	500 500	430	380	100	16

750	530	590	55	380	500	430	380	100	16
	560	620	55	400	530				
800	560	620	55	420	530	480	420	110	16
	600	660	60	440	530				
				460	530				
850	600	660	60	460	530	530	450	110	16
	640	700	65	480	530				
				500	530				
900	640	700	65	500	530	570	490	110	16
				530	530				
950	690	760	75	530	530	570	490	110	16
				560	560				
1000	690	760	75	530	560	630	540	110	16
				560	560				
				600	560				
1150	690	760	75	600	560	710	600	120	20
				630	600	760	640	120	20

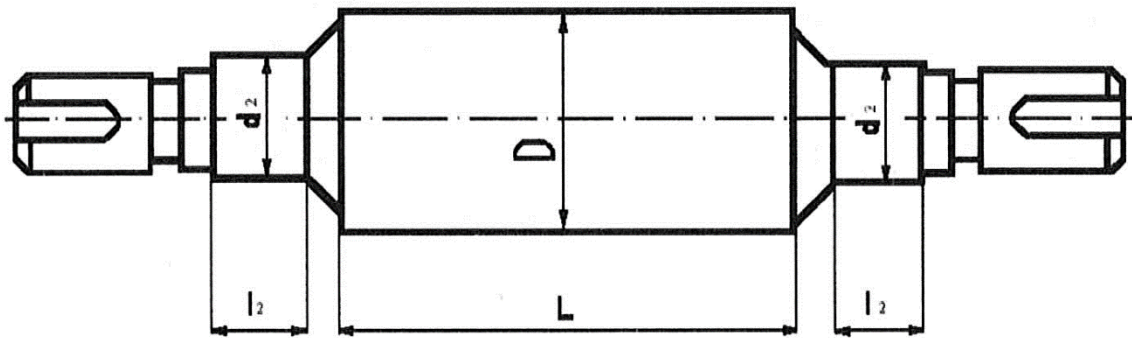


Рисунок 37 Розмірні параметри листових валків на підшипниках кочення і ПРТ (конічні шибки)

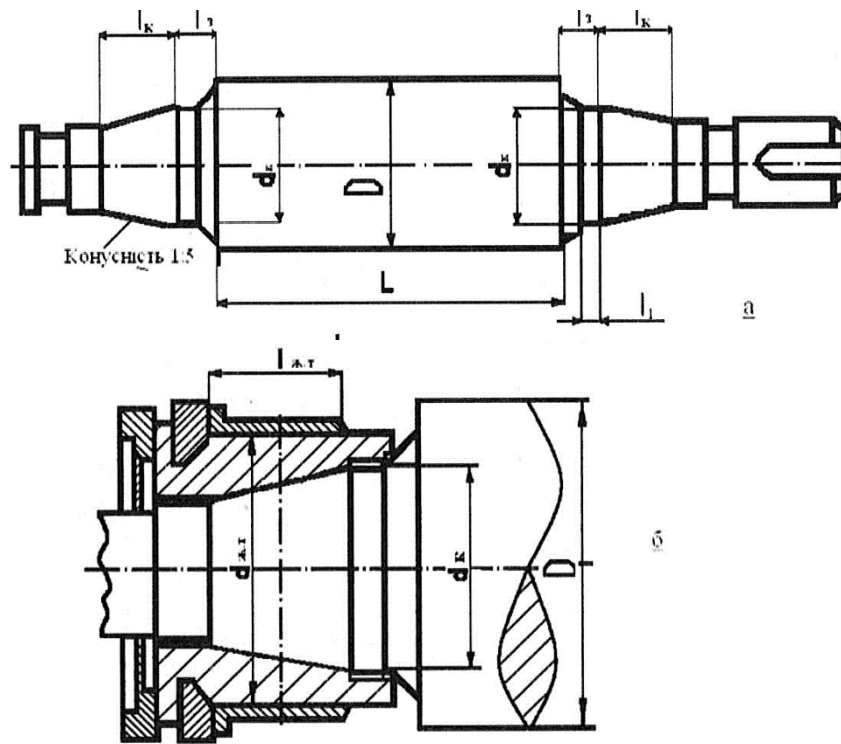


Рисунок 38. Розмірні параметри валків на ПРТ

Табл. 8 Розміри шийок листових валків стану дуо на підшипниках кочення (циліндричні шийки) і ПРТ (конічні шийки)

D <sub>6</sub>	Циліндричні шийки		Конічні шийки				
	d <sub>2</sub>	l <sub>2</sub> max	d <sub>k</sub>	l <sub>k</sub>	l <sub>3</sub> min	l <sub>ж.т.</sub>	d <sub>ж.т.</sub>
255	140	200	-	-	-	110	180
	150	280					
300	150	280	170	160	45	120-130	200
	160	320					
	170	320					
350	180	350	190	190	45	130-165	220
	200	370	220	210	50	150-190	250
400	200	370	240	230	55	165-205	225
	220	400					
450	240	430	260	240	60	180-225	300
	260	460	280	250	65	195-240	320
500	260	460	310	270	70	110-260	350
	280	460					
550	300	460	350	300	80	240-300	400
	320	460					
600	320	460	350	300	80	240-300	400
	340	460					
650	340	460	390	340	90	270-340	450
	360	500					
700	360	500	430	380	100	300-375	500

	380	500						
750	380	500	430	380	100	300-375	500	
	400	530	480	420	110	375-415		
	420	530						
800	420	530					550	
	440	530	480	420	110	330-415		
	460	530						
900	500	530	570	490	110	390-490	650	
	530	530						
100	530	530					710	
0								
	560	560	630	540	110	425-530		
	600	560						
110	600	560	630	540	110	425-530	710	
0	630	600	710	600	120	480-600	800	
120	630	600					850	
0	670	650	760	640	120	850-510		
	710	720						
130	710	720	800	710	125	540	900	
0	750	850				670		
140	750	850	890	780	125	600-750	110	
0	710	720					0	
150	710	720	100	860	130	670-840	112	
0	750	850	0				0	
160	750	850	100	860	130	670-840	112	
0	710	720	0	930	135	710-880	0	
			105				118	
			0				0	

$$D_k = \frac{\Delta h_{max}}{1 - \cos[\alpha]} \quad (7)$$

де  $\Delta h_{max}$  - максимальний обтиск в програмі та таблицях режимів обтисків;  
 $[\alpha]$  - допустимий кут захвата метала валками.

Алгоритм розрахунку валків на міцність і деформацію вивчаються в спецкурсі "Валки прокатних станів" і наведені в літературі [1,2,8-11].

Для блюмінгів, слябінгів і першої кліті товстолистових станів робочі діаметри бочок  $D_k$  вибирають із практичної умови повного продеформування литої структури зливка по поперечному перерізі яка досягається при співвідношенні  $H/D_k < 0,5$  (Я- товщина більшої сторони перерізу зливка).

Довжина бочок  $L$  обтискних сортових валків визначається кількістю і шириною калібрів, а у листових станів із умови:

$$L = B_{max} + A \quad (8)$$

де  $B_{max}$  - максимальна ширина листів або штаб в сортаменті стана;

$A$  - запас по довжині бочки на поперечну несталість в процесі прокатки;

$A = 300$  мм - для товстолистових станів;  $A = 200$  мм - для НПС ГП (неперервний стан горячої або ХП - холодної прокатки);  $A = 75-150$  мм для НПС ХП;  $A = 60-100$  мм для 5,6 і 7 - клітьових станів прокатки жерсті).

Сучасні НПС ХП прокатують штаби мінімальної товщини  $h_{min} = 0,3$  мм із вуглицевих конструкційних сталей. Штаби і стрічки  $h_{min} < 0,3$  із легованих сталей і сплавів прокатують на однокільтових реверсивних станах, для яких співвідношення розмірів наведені в табл.9.

Таблиця 9 Співвідношення розмірів і діапазони ширин штаб та стрічок для реверсивних станів холодної прокатки [16, 17]

Тип стана	$L_6/D_p$	$D_0/D_p$	Діапазон ширин, $b$
Чотиривалькові	2-7	2-6	$b = (500-6000)h_{min}$
6-тивалькові	6-25	20-25	$b = (2600-5000)h_{min}$
12-тивалькові	8-14	3-4	$b = (7000-12000)h_{min}$
20-тивалькові	12-40	5-7,5	$b = (10000-96000)h_{min}$
36-тивалькові	15-50	5-10	$b = (12000-48000)h_{min}$
$L_6/D_p$ - довжина і діаметр бочки робочих валків; $D_0$ - діаметр бочки основних опорних валків; $h_{min}$ - мінімальна товщина штаби в сортамент стана.			

Величину мінімальної товщини для проектуємих станів можна визначити за умовою допустимого сплющювання валків А.А.Корольова [14]. Для сталюї штаби мінімальна товщина дорівнює

$$h_{min} = 0.0005D_p \quad (9)$$

Із умови (9) очевидно, що найтонкішу стрічку і фольгу можливо прокатувати в валках малих діаметрів, тобто на 20-ти і 36-тивалькових станах.

## 2.2 Матеріали та способи виготовлення валків

Для станів різного призначення, наприклад, гарячої або холодної прокатки, валки виготовляють із використанням технологій і матеріалів, що в підсумку дозволяють отримати технологічний інструмент з властивостями, які є основними для конкретного випадку прокатки. Так, для випадків прокатки блюмів, слябів і заготовок на обтискних станах виникають значні сили прокатки (тиску на валки) з динамічним прикладенням цих сил. Тому валки блюмінгів, і слябінгів передусім повинні мати загальну велику міцність на згин, не руйнуватися при динамічних ударах під час захвата зливків і розкатів. Тому ці валки виготовляють литими або кованими із вуглецевих або низьколегованих сталей зі значною в'язкістю.

Для сортопрокатних станів в чорнових групах клітей використовують сталеві валки з в'язкою серцевиною, в чистових клітях - чавунні валки з високою твердістю поверхні бочок, що мають досить високу зносостійкість.

Для листових і штабових станів з клітями кварто опорні і робочі валки виготовляють куванням з легованих сталей. Після термообробки на загартування (поверхнева закалка) бочки валків мають достатню високу твердість, і внаслідок цього достатню зносостійкість за високих швидкостей ковзання поверхні прокатуваних штаб по поверхні бочок.

Чавунні валки найдешевші, завдяки чому їх найчастіше використовують в чистових групах клітей сорто - і штабoproкатних станів гарячої прокатки. Тверді чавунні валки відливають в металеві форми - кокілі, які ззовні охолоджуються водою. В результаті поверхня бочок загартується за рахунок утворення поверхневого шару відбіленого чавуну.

Твердість бочок валків сягає 55-75 одиниць HS (по Шору). Хімічний склад чавуну: 3,0-3,5% С, 0,4-0,7% Mn, 0,5-0,8% Si. Підвищення міцності та зносостійкості чавунних валків досягається добавками легуючих елементів: 0,5% Nb, 0,2-0,7% Cr, 0,3% Mo та модифікація магнієм для утворення глобулярного графіта:

Переваги чавунних валків:

- набагато нижча вартість (дешевші в 5 разів);
- більш низький коефіцієнт тертя під час прокатки, що дозволяє зменшувати енергоємність деформації.

Недоліки чавунних валків:

недостатня міцність на згин і особливо на кручення; погіршення умов захвата металла валками.

Сталеві валки виготовляють литими або кованими. Ковані сталеві валки міцніші литих, але вдвоє дорожчі.

Валки відливають для середньо- і малосортових станів із сталей 45Л, 50Л, або 55Л. Бочки литих валків обробляють на вальцетокарних верстатах, а потім зміцнюють електронаплавкою електродами із сталі 30ХГСА або із металевого порошка марки ПП25Х5ФМС. Технологія електронаплавки розроблена ІЕЗ ім.Патона. Наплавка виконується автоматично під шаром флюса. Для



попередження тріщин в бочці валка останю попередньо підігрівають до 400°C в індукторі. Увесь процес автоматизовано виконується на спеціальних верстатах. Електронаплавка для міцності нанесеного метала проводиться послідовно у 4-5 прошарків. [8]

Литі сталеві валки для підвищення зносостійкості відливають також із сталей легованих хромом, марганцем і нікелем. Застосовують також мікролегування ванадієм, кобальтом і вольфрамом. Мікролегуючі добавки подрібнюють мікроструктуру і підвищують здатність матеріала валків до нагартування.

Валки станів, працюючих з великими силами, виготовляють тільки куванням із легованих сталей. Сталь виплавляють в електропечах і вакуумують в ковші. Відлиті зливки перед куванням гомогенізують і обробляють на металорізальних верстатах для видалення поверхневих дефектів. Валки виготовляються по схемі нагрів зливка → кування валка → нормалізація → нагрів поверхневого прошарку бочки в індукторах електрострумом промислової частоти → закалка в маслі або воді → нормалізація → низькотемпературний відпуск в розплаві солі для зняття внутрішніх напружень. Нормалізацію використовують тільки при виготовленні великих валків блюмінгів, слябінгів та опорних валків.

Валки блюмінгів, слябінгів і обтискних клітей заготівельних, крупносортих і товстолистових станів і товстолистових станів відковують із малолегованих сталей 40X, 50XН; 60XН; 60XГ.

Для прикладу, хімічний склад (окрім заліза) валкової сталі 60XН має такі летучі компоненти: 0,55-0,65%С; 0,17-0,38%Si; 0,5-0,8%Mn; 0,50-0,80%Cr; 1,0-1,5%Ni. Шкідливі домішки сірки і фосфору повинні бути меншими 0,04%.

Бочки валків обтискних станів і клітей електронаплавляють електродами із зносостійкої сталі 30XГСА під шаром флюса. Крім того бочки сортових валків, наприклад, рейкобалкових станів після чорнової обточки піддають поверхневому закалюванню з нагрівом в індукторах і охолодженням в масляній ванні. Валки станів холодної прокатки діаметром до 300 мм, відковують із сталей 9X і 9ЧФ з більшими діаметрами бочок із сталей 9X2, 9X2МФ і 9X2В. Після закалювання і зняття внутрішніх напружень (низькотемпературний відпуск) твердість поверхні бочок робочих валків клітей кварто холодної прокатки сягає 100 одиниць НS (по Шору), опорних до 70 одиниць НS.

Опорні валки клітей кварто в останні роки виготовляють із двох частин ось+бандаж. Опорні валки станів холодної прокатки станів доводиться доволі часто перевалювати (тричі на місяць). Внаслідок зношування, і наклепування бочки діаметр опорних валків значно зменшуються за кожної перешліфовки. В той же час зменшення діаметра опорних валків не допускається більш за 10%. Вартість бандажованих валків помітно більша ніж суцільнокованих, але збільшується терміну роботи, за необхідності замінюють тільки бандаж, а не цілий валок чим не тільки компенсують здорожчання але й дають пристойний економоефект.

Фізичні та механічні властивості бандажів мають бути подібні якісним характеристикам поверхні бочок суцільних валків. Товщина стінки бандажа обирається конкретно для кожного типу клітей і розмірів робочих та опорних валків і по даним [17] знаходиться в межах 120-220 мм. Форма переріза отвору бандажа або циліндрична або циклоїдна. Незалежно від цього бандаж повинен легко замінюватись, а з іншої сторони він повинен сидіти на осі настільки щільно, щоби на контактах ось-бандаж були повністю відсутні зсуви та зрушення.