

## ПРАВИЛЬНЫЕ МАШИНЫ И ПРЕССЫ

## ПРАВКА ЛИСТА

## 1. Способы правки и основы технологии

Применяют несколько способов правки: многократным знакопеременным изгибом, растяжением, сочетание изгиба с растяжением, сочетание изгиба и прокатки. Каждую из приведенных схем иллюстрирует рис. 1.

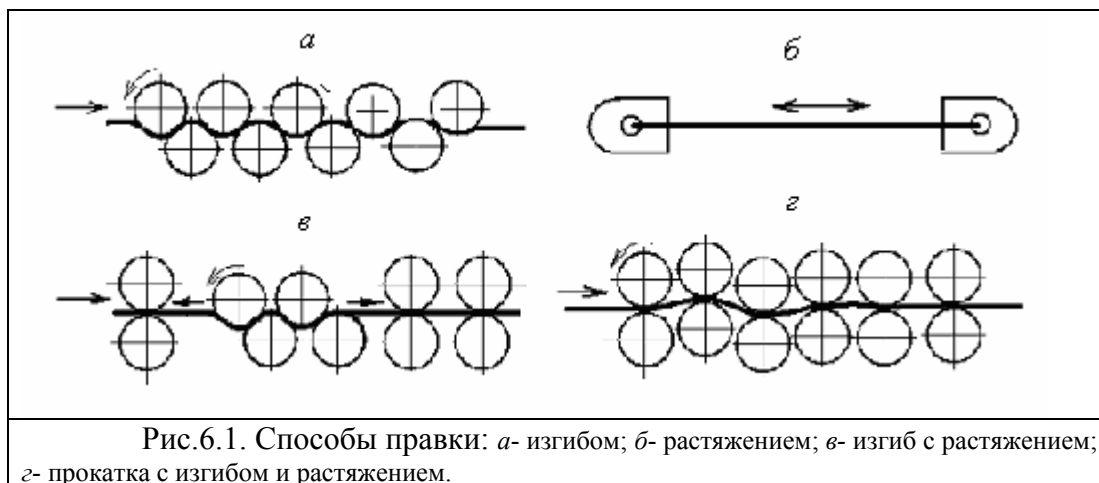


Рис.6.1. Способы правки: а- изгибом; б- растяжением; в- изгиб с растяжением; г- прокатка с изгибом и растяжением.

В металлургической промышленности главным образом реализуются первые две схемы. Правку растяжением подвергают в основном цветные металлы (например, дюралюминий), которые трудно править на роликовых машинах.

На машине с параллельным расположением роликов лист прогибается одинаково под всеми роликами. В машине с наклонными роликами лист получает наибольший прогиб между первыми роликами; дальше по мере продвижения листа прогиб его уменьшается и у последних роликов кривизна полностью выправляется — в этом состоит преимущество правки листов (полосы) на этих машинах по сравнению с правкой на машинах с параллельным расположением роликов.

Основными параметрами листопрямительных много роликовых машин (ЛПМ) являются: диаметр роликов  $D$ ; шаг роликов  $t$ ; число роликов  $n$ ; длина бочки роликов  $L$ ; и толщина листов  $h$ , подвергаемых правке на данной машине.

Диаметр и шаг роликов обуславливают качество правки и усилия на ролики правильной машины. Слишком большие шаг и диаметр роликов не обеспечивают требуемой точности правки, а при уменьшении их увеличивается давление на ролики и усложняется конструкция машины.

Теория определения оптимальных величин шага и диаметра роликов еще недостаточно разработана, поэтому их значения выбирают на основании практических данных в зависимости от толщины листов, подвергаемых правке на данной машине. Шаг роликов обычно принимают  $t = 1,1D$ .

Точность правки обусловлена также числом роликов в одной машине: чем больше роликов, тем лучше качество правки. Обычно для правки листов толщиной более 4 мм принимают 9—11 роликов, а при правке тонких листов 13—17 роликов (в некоторых случаях для особо качественной правки 19—29 роликов).

Скорость правки выбирают в зависимости от производительности машины и толщины листов. На основании практических данных можно принимать следующие

значения скорости правки: для тонких листов (0,5—4 мм) 6—0,5 м/с; для толстых листов (4—30 мм) при холодной правке 0,5—0,1 м/с и при горячей 1,0—0,3 м/с.

Качество правки зависит также от качества поверхности рабочих роликов и степени их износа. Так как при холодной правке износ роликов зависит от контактных напряжений, то эти напряжения не должны быть слишком большими. Ориентировочно их можно определить по формуле Герца: предполагая, что упруго-деформируемый ролик (цилиндр) радиусом  $R$  и длиной бочки  $L$  лежит на несжимаемой плоскости (лист) и нагружен силой  $P$ :

$$\sigma_{\max} = 0,418 \sqrt{\frac{PE}{bR}} \leq 2\sigma_s$$

где  $b$  — ширина листа;  $R$  — радиус ролика;  $E$  — модуль упругости материала ролика;  $\sigma_s$  — предел текучести материала;  $P$  — максимальное усилие на ролик

Подсчитанное по этой формуле максимальное контактное напряжение не должно превышать удвоенного предела текучести материала полосы.

Для повышения жесткости листопрямительной машины и достижения требуемого качества и точности правки рабочие ролики опираются на опорные ролики. Диаметр опорных роликов принимается равным или больше диаметра рабочих роликов. Длина бочки рабочих роликов определяется максимальной шириной выправляемых листов. Длина бочки опорных роликов определяется конструктивно в зависимости от их количества и способу размещения по длине бочки рабочих роликов.

Рабочие и опорные ролики изготавливают из сталей марок 9Х, ШХ15, 12ХН2А (последняя марка стали - для роликов диаметром менее  $90 \div 100$  мм), имеющих повышенную прочность, высокую твердость и высокое сопротивление изнашиванию. Бочки роликов подвергают поверхностной закалке с нагрева токами промышленной или высокой частоты до твердости HRC 55—65. Ролики для горячей правки изготавливают из среднеуглеродистой стали и наплавляют твердыми сплавами. Авторы работы [2] рекомендуют при выборе основных параметров листопрямительных машин руководствоваться соответствующими таблицами (нормальями), подготовленными ВНИИметмашем и заводами — изготовителями этих машин — СКМЗ и УЗТМ.

По конструктивному признаку ЛПМ делят на 6 основных типовых групп [2,3]: с параллельными рядами рабочих роликов, с наклонными рядами роликов, с индивидуальной настройкой роликов, с двойной угловой регулировкой, с переменным шагом роликов, с устройством для выгиба роликов.

При изготовлении металлоконструкций находят применение в основном машины первых трех типов.

Машины с параллельными рядами правильных роликов (Рис.2,а) применяют для правки листов толщиной свыше 12мм, а в некоторых случаях осуществляют предварительную правку полосы толщиной до 4мм. Общее количество роликов от 5 до 9. Регулирование по высоте осуществляется одновременным перемещением всего блока верхних роликов. Приводными могут быть либо только нижние, либо как нижние, так и верхние рабочие ролики машины, в зависимости от ее мощности. При этом крайние ролики верхнего ряда являются направляющими и имеют самостоятельную регулировку по высоте. Как правило, в целях упрощения конструкции, они не имеют привода. Первый ролик по ходу правки настраивается таким образом, чтобы обеспечить бесперебойную задачу полосы в валки, а последний, на выходе листа настраивается таким образом, чтобы устранить остаточную кривизну полосы, выходящей из последнего рабочего ролика.

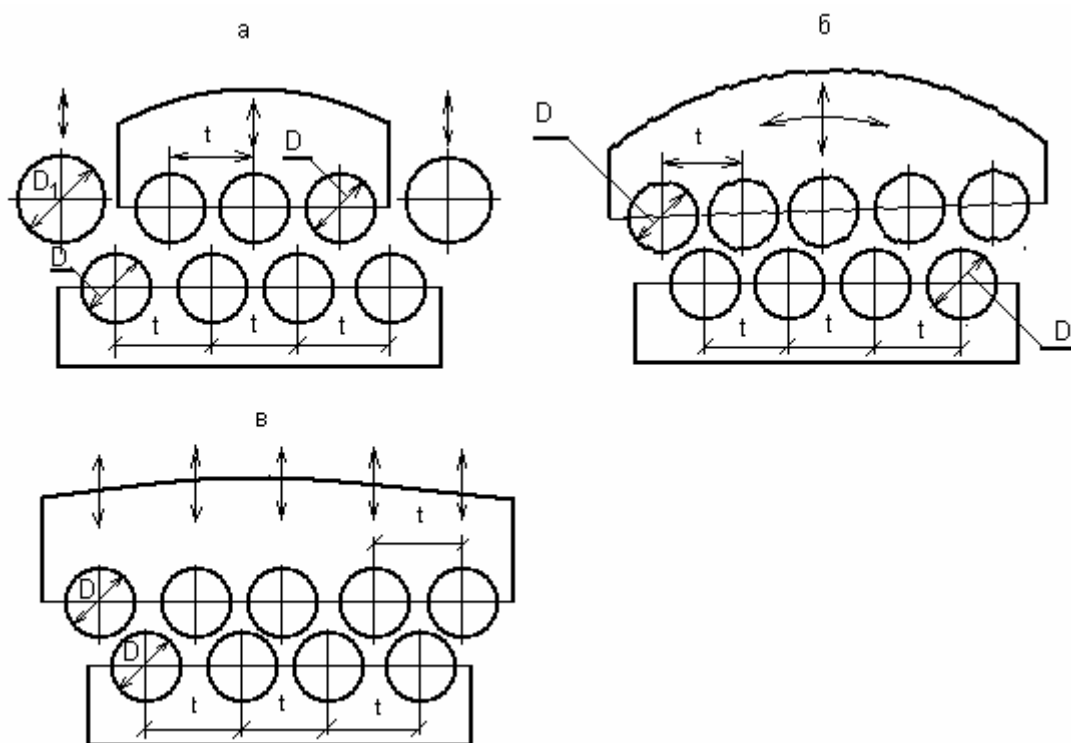


Рис.6.2. Типы ЛПМ: а – с параллельным расположением верхней и нижней траверс; б – с наклонной верхней траверсой; в – с индивидуальной настройкой роликов

Машины с наклонными рядами роликов (рис.2,б) применяют преимущественно для правки листов толщиной от 1,5 до 12мм и имеют от 9 до 21 и более роликов. Верхний и нижний ряды роликов расположены в процессе правки под некоторым углом друг к другу таким образом, что расстояния между рядами по направлению к выходу полосы из машины увеличивается. Поэтому верхняя траверса с роликами имеет двойное регулирование – по высоте и по углу наклона. Кривизна изгибов листа между роликами постепенно уменьшается по мере его перемещения между ними и на предпоследнем ролике становится близкой к кривизне упругого изгиба. Благодаря этому отпадает необходимость индивидуальной точной настройки по высоте положения последнего ролика. Наклонная установка ряда роликов, кроме того, содействует повышению качества правки благодаря возникновению дополнительных растягивающих напряжений, так как основная работа изгиба происходит под первыми роликами, а тяговое усилие создается всеми роликами.

У машин с наклонными рядами роликов, предназначенных для правки особо тонких листов, обычно более искривленных, для облегчения задачи полосы в рабочие валки правильной машины устанавливают парные ролики. Задающие ролики при соответствующей настройке могут производить предварительную правку больших искривлений и тем облегчают подачу полосы в рабочую зону правки машины.

Имеются также машины такого типа, оснащенные двумя парами направляющих роликов – передних и задних. Такая машина может использоваться в обоих вариантах правки – наклонном и параллельном.

Основные параметры ЛПМ с наклонными рядами роликов приведены в табл.1

Таблица 6.1

**Основные параметры ЛПМ с наклонным расположением роликов**

	№ модели
--	----------

Параметры	1	2	3	3	4
Толщина листа, мм	1,5 – 8	0,5 – 4	1,5 – 5	3 – 6	3 – 12
Ширина, мм	1500	1500	100	730	1500
Предел текучести материала, МПа	260	500	420	220	320
Скорость правки, м/мин	7	8 – 24	14,6	36	6 – 30
Число правильных роликов	9	17	17	9	17
Шаг правильных роликов, мм	110	142	142	128	200
Диаметр правильных роликов, мм	100	140	140	125	180
Число рядов опорных роликов	1	1	1	-	1
Мощность электродвигателей, кВт					
главного привода	11	37	28	28	60
механизма регулировки	ручной	ручной	ручной	ручной	14
Габаритные размеры, мм					
ширина	1750	3120	3120	2100	4330
длина	3850	6290	5720	3560	5700
высота	1600	1900	1900	1580	4080
Масса машины, т	7,7	31,0	31,5	7,5	60

Наиболее эффективной является правка в машинах с индивидуальной настройкой роликов, так как позволяет достигнуть наилучших условий для захвата листа и получить оптимальное распределение деформаций между роликами с точки зрения качества правки и минимизации остаточных напряжений. Однако создание такого типа машин сопряжено с большими конструктивными трудностями.

Как известно, в машинах с наклонными рядами роликов наибольшую деформацию металлу сообщают лишь первые по ходу листа ролики. Чтобы увеличить число роликов, сообщающих выправляемому листу наибольшие деформации изгиба и одновременно улучшить условия захвата полосы, созданы машины с двойной угловой регулировкой рядов роликов. Правильные ролики располагают в трех секциях: захвата листа, максимальных деформаций, выхода листа.

Верхняя и нижняя группа роликов в области задачи листа расположена относительно друг друга под углом, удобным для приема выправляемого листа. Группа роликов наибольших деформаций находится в двух параллельных рядах, вследствие чего полоса испытывает многократные одинаковые по величине деформации. Благодаря этому в последнюю наклонную группу роликов полоса поступает с одинаковой кривизной и более благоприятным расположением остаточных напряжений. В третьей наклонной группе кривизна и остаточные напряжения уменьшаются до допустимых пределов. Все три секции роликов оснащены отдельными приводами регулировки угла наклона и расстояния между нижним и верхним рядами роликов.

ЛПМ данного типа применяются для прецизионной правки листов и полос из черных и цветных металлов толщиной 0,25 – 20 мм. Управление этими машинами и настроечные перемещения рабочих роликов полностью автоматизированы и производятся оператором с пульта управления.

В машинах с переменным шагом роликов, которые называются правильными станами, выправляемая полоса размещается между двумя рядами роликов, имеющих разные диаметры и располагающихся один относительно другого в шахматном порядке. Шаг от ролика к ролику изменяется, увеличиваясь от среднего ролика в обе стороны.

Для правки тонколистового проката толщиной до 2 мм применяют специальные многороликовые машины (23 – 29 роликов), имеющие специальные устройства для выгиба роликов, и машины с переменным шагом роликов. Наличие устройства для выгиба роликов делает возможным создание неравномерного прогиба листа по ширине, придавая больший прогиб менее вытянутым участкам листа.

## 2. Теоретические основы правки

Для получения аналитических зависимостей совместим диаграммы деформаций и напряжений, действующих в поперечном сечении листа (рис.3). При этом соблюдаются следующие условия деформации: имеет место чистый изгиб, т.е. сдвиговые деформации в поперечном сечении отсутствуют; поперечные сечения при деформации не искривляются, т.е. остаются плоскими. Отметим также, что при изгибе недеформируемый (нейтральный) слой проходит через центр тяжести и совпадает с осью симметрии сечения.

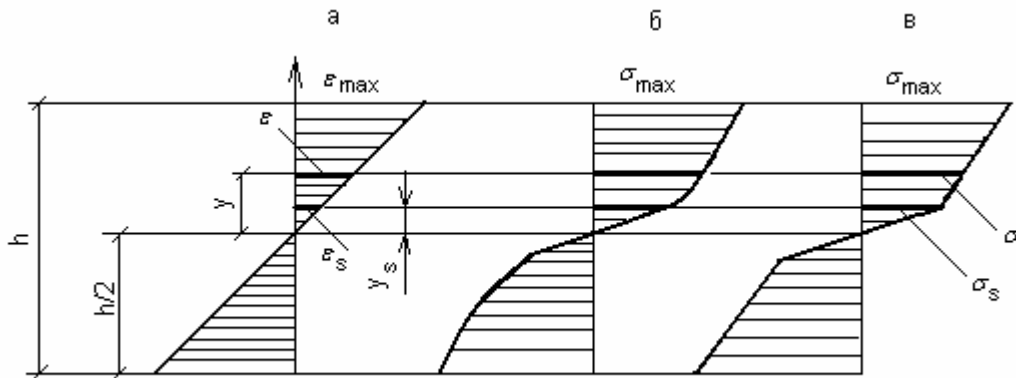


Рис.б. 3. Схема напряженно – деформированного состояния при изгибе листа: а - эпюра деформаций; б – эпюра истинных напряжений; в – упрощенная эпюра напряжений

Как видим, деформация в поперечном сечении полосы (рис. 3,а) по величине пропорциональна расстоянию до нейтрального слоя и определяется, как известно,

$$\epsilon = \frac{y}{\rho}, \quad (6.1)$$

где  $y$  – расстояние до нейтрального слоя;  $\rho$  - радиус изгиба нейтрального слоя.

На расстоянии  $y_s$  напряжения достигают предела текучести  $\sigma_s$  и в материале развиваются пластические деформации.

В области пластических деформаций зависимость между напряжением и деформацией носит нелинейный характер (рис.3,б). На этом участке, обычно, применяют степенную аппроксимацию кривой второго порядка:

$$\sigma = K \epsilon^n, \quad (6.2)$$

где  $K$  и  $n$  – коэффициенты, определяемые выражениями

$$n = \frac{\lg \frac{\sigma_b}{\sigma_s}}{\lg \frac{\epsilon_d}{\epsilon_s}}, \quad K = \frac{\sigma_b}{\epsilon_b^n} \quad (6.3)$$

Показатель упрочнения определяют обработкой диаграмм, полученных в результате испытаний металлов на растяжение. Данные показателя упрочнения можно найти, например, в работе [10].

Для упрочнения расчетов кривую упрочнения (6.2) представляют в виде линейной зависимости (рис.3,в)

$$\sigma = \sigma_s + \Pi \varepsilon, \quad (6.4)$$

где  $\Pi$  – модуль упрочнения.

Модуль упрочнения и коэффициент упрочнения можно выразить друг через друга, если приравнять правые части выражений (2) и (4). Например, модуль упрочнения будет равен

$$\Pi = K \varepsilon_b^{n-1} - \frac{\sigma_s}{\varepsilon_b} \quad (6.5)$$

где  $\varepsilon_b$  – относительная деформация, соответствующая пределу прочности металла; приводится в справочниках по механическим свойствам материалов.

В таблице 2 приведены механические свойства и константы кривых упрочнения наиболее употребительных металлов и сплавов[12].?-Уточнить!

**Табл.6.2**

Марка Материала	Механические свойства материалов					Константы кривой упрочнения	
	Модуль упру- гости $E \cdot 10^{-4}$ МН/м <sup>2</sup>	Предел текучес- ти $\sigma_{0.2}$ МН/м <sup>2</sup>	$\varepsilon_{0.2}$	Предел прочности		К МН/м <sup>2</sup>	n
				$\sigma_b$ МН/м <sup>2</sup>	$\varepsilon_b$		
Ст.10	19,8	180	0,0029	320	0,25	530	0,184
Ст.15	20,2	210	0,003	350	0,24	560	0,17
Ст.20	20,2	236	0,0031	392	0,23	627	0,171
Ст.25	20,2	260	0,0032	430	0,22	690	0,170
Ст.30	20,2	280	0,0033	480	0,20	780	0,179
Ст30ХГСА	21,0	294	0,0036	568	0,14	1010	0,218
АМц-М	7,2	50	0,0027	130	0,20	250	0,27
АМц-Н	7,2	130	0,0038	160	0,10	230	0,105
АМг-М	7,2	100	0,0034	200	0,23	350	0,219
АМг-Н	7,2	210	0,005	240	0,06	320	0,08
Д1А-Т	7,2	220	0,005	380	0,15	650	0,204
Д1А-М	7,2	110	0,0035	210	0,12	380	0,218
Д16А-Т	7,2	274	0,0059	430	0,11	736	0,191
Д16А-М	7,2	108	0,0035	236	0,10	480	0,265
В95-Т	7,4	392	0,0074	490	0,07	736	0,130
В95-М	7,4	150	0,004	250	0,10	430	0,19
МА1отж.	4,0	120	0,005	210	0,08	410	0,231
МА8отж.	4,7	210	0,0064	270	0,20	400	0,13

Сущность правки состоит в следующем [1,4,5]. Чтобы выправить участок полосы с искривлением в виде полуволны, его необходимо сначала выпрямить, а затем перегнуть в обратную сторону на величину упругой отдачи. Тогда после снятия нагрузки и упругой отдачи этот участок станет прямым.

Суммарную деформацию в этом случае можно представить в таком виде:

$$\varepsilon_{изг} = \varepsilon_{исх} + \varepsilon_{пер}, \quad (6.6)$$

где  $\varepsilon_{исх}$  – относительная деформация искривленного участка до его выправления, обусловленного величиной исходного искривления;

$\varepsilon_{пер} = \varepsilon_{y.o}$  – относительная деформация перегиба для компенсации упругой отдачи.

Рассматривается чистый упругопластический изгиб искривленного бруса (рис.4,а) с исходным радиусом кривизны  $R_{исх}$  под воздействием двух моментов, приложенных по его концам. По мере увеличения деформации изгиба в верхних волокнах возникает и увеличивается до  $\varepsilon_{изг} = \varepsilon_{исх} + \varepsilon_{y.o}$  деформация сжатия, а в нижних – растяжения. После упругой отдачи на величину  $\varepsilon_{y.o}$  искривленный участок станет прямым, но в верхних и нижних волокнах останутся деформации сжатия и растяжения, равные  $\varepsilon_{исх}$ . Диаграмма напряжений в поперечном сечении полосы, соответствующая изложенной концепции правки, приведена на рис.4,б. Можно видеть, что при соблюдении условия (6.6) линия разгрузки попадает в начало координат, т. е. искривление исчезает.

Таким образом, применение данной схемы предусматривает настройку машины на деформацию  $\varepsilon_n = \varepsilon_{пер} = \varepsilon_{y.o}$ . Однако такая настройка машины возможна только в том случае, если подвергаемая правке полоса имеет постоянную исходную кривизну одного знака. Практически такой случай возможен разве что при ручной правке на прессах, когда достаточно опытный правильщик точно определяет размер подкладки обеспечивающей правку участка полосы за один ход пресса. Даже при правке из рулона полоса имеет различную по величине кривизну по длине при размотке.

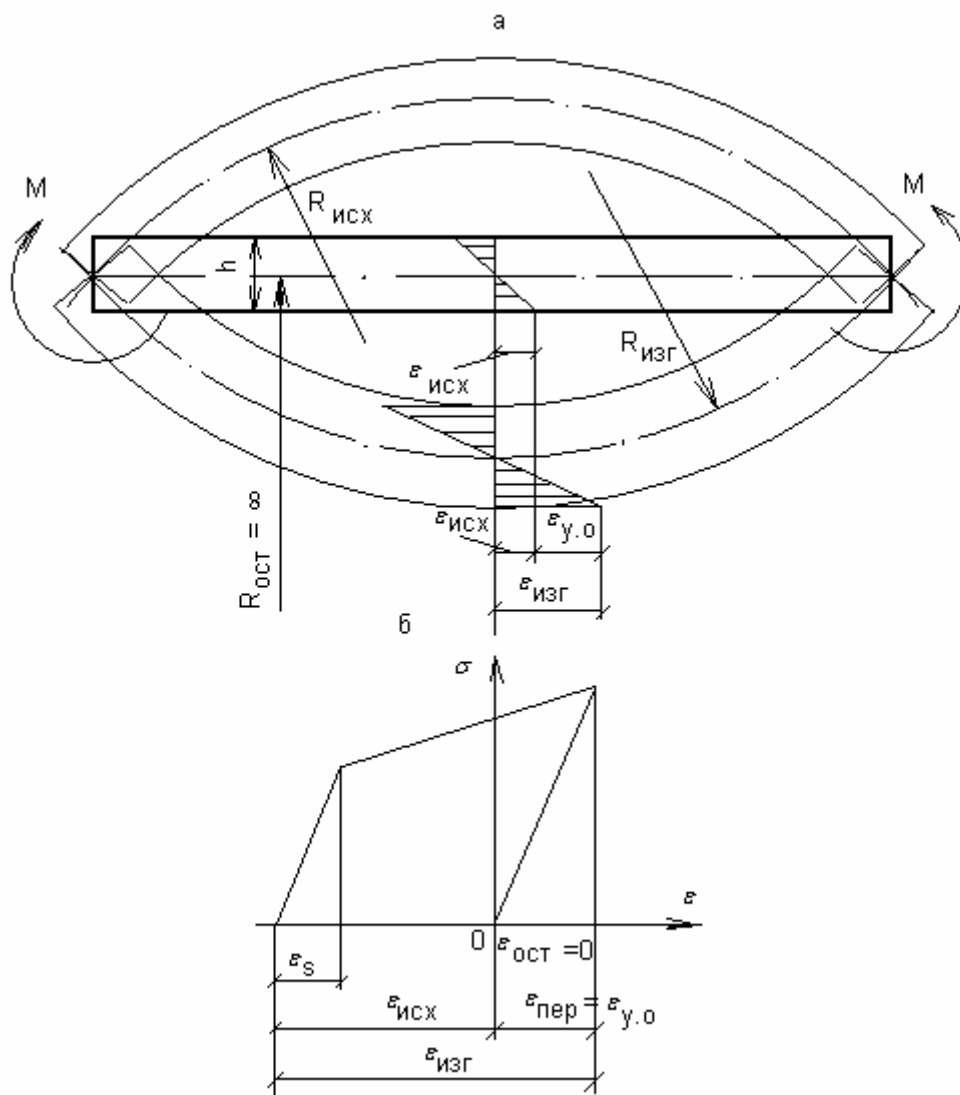


Рис.6.4. Схема устранения искривления чистым изгибом (а) и упрощенная диаграмма напряжений (б) при  $\epsilon_{пер} = \epsilon_{y.o}$

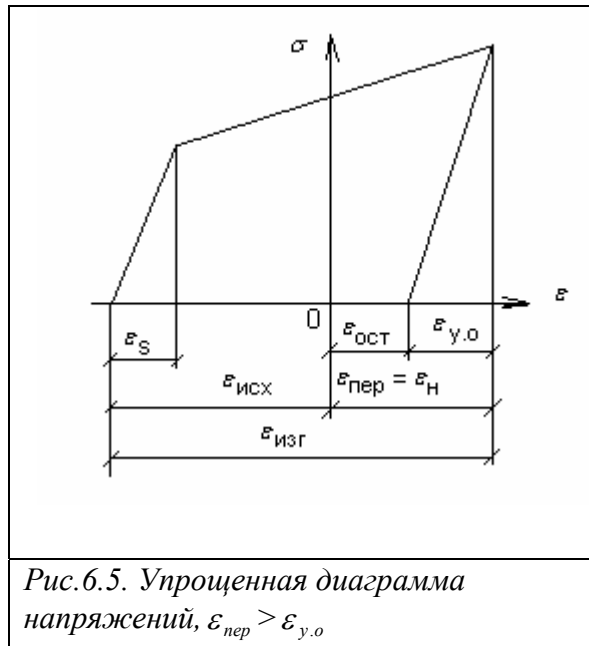
Реальный лист по длине имеет прямые и искривленные участки в виде полуволн разных знаков, отличающихся по протяженности искривленных участков и радиусам их кривизны. Случайный характер размеров и формы волнистости делает невозможным осуществление настройки роликов машины, при которой перегибы, равные упругой отдаче, будут у каждого искривленного участка. Поэтому в условиях производства правильную машину настраивают таким образом, чтобы деформация на первых правильных роликах превышала величину упругой отдачи полосы.

Диаграмма напряжений, отражающая реальную настройку роликов правильной машины на правку, представлена на рис. 5.

Из схемы следует

$$\epsilon_{ост} = \epsilon_n - \epsilon_{y.o}, \quad (6.7)$$





где  $\varepsilon_{ост}$  – остаточная

относительная

деформация по отношению к прямому листу.

Здесь  $\varepsilon_n = \varepsilon_{изг} - \varepsilon_{исх}$  – параметр, который регулируется посредством изменения настройки машины, т. е. путем изменения расстояния между верхним нижним роликами.

Важным показателем деформации металла при изгибе полосы, который используется при настройке правильной машины, является коэффициент упругой зоны  $K_n$ , характеризующий относительную высоту  $y_s$  упругой зоны относительно нейтральной оси, остающейся неизменной при распространении пластической деформации по толщине листа при упругопластическом изгибе:

$$K_n = \frac{y_s}{h/2} = \frac{\varepsilon_s}{\varepsilon_n} \leq 1, \quad (6.8)$$

Где  $\varepsilon_s$  – относительная деформация, соответствующая достижению предела текучести металла.

$K_n$  задается произвольно или определяется по результатам экспериментальных исследований, а также исходя из опыта правки

Многие специалисты, в том числе А.И.Целиков и А.А. Королев [7,8], при определении силовых и энергетических характеристик правки применяют коэффициент относительной пластической деформации  $K_n = \frac{h/2 - y_s}{h/2}$ . Из выражения (8) следует

$$K_n = 1 - K_n. \quad (6.9)$$

При чисто упругом изгибе  $y_s = h/2$  и  $K_n = 0$ ; при чисто пластическом изгибе  $y_s = 0$  и  $K_n = 1$ .

При упруго-пластическом изгибе коэффициент  $K_n$  будет иметь какое-то промежуточное значение  $K_n < 1$ . При правке полосы не может быть чисто пластического изгиба, т.е.

$\sigma_y = \sigma_s = const$  по всему сечению (что возможно только при пластическом растяжении).

Величина деформации упругой отдачи  $\varepsilon_{y.o}$  зависит от исходной кривизны, определяемой  $\varepsilon_{исх}$ , деформации настройки  $\varepsilon_n$ , механических свойств металла и характера их изменения в процессе пластической деформации.

Имея в виду, что  $\varepsilon_s = \frac{\sigma_s}{E}$ , с учетом (6.8) получим

$$\varepsilon_n = \frac{\sigma_s}{K_n E}, \quad (6.10)$$

Выражение (6.10) позволяет любую по величине деформацию определить через упругую составляющую. Распространим этот прием на определение изгибающего момента при изгибе.

Изгибающий момент, при использовании упрощенной эпюры напряжений (рис.3, в), будет равен [1]

$$M = 2\sigma_s \int_0^{y_s} b \frac{y^2}{y_s} dy + 2 \int_{y_s}^{h/2} b \left[ \sigma_s + \frac{\Pi}{R} (y - y_s) \right] y dy, \quad (6.11)$$

Приняв  $y_s = R \frac{\sigma_s}{E}$ ,  $r = \frac{R}{h}$  и  $k = \frac{\Pi}{\sigma_s}$ ,

получим

$$M = \left\{ 1,5 - 2r^2 \left( \frac{\sigma_s}{E} \right)^2 + \left[ \frac{1}{r} - 3 \frac{\sigma_s}{E} + 4r^2 \left( \frac{\sigma_s}{E} \right)^3 \right] \frac{k}{2} \right\} W \sigma_s. \quad (6.12)$$

Где  $W$  – момент сопротивления поперечного сечения полосы.

Поскольку произведение  $W \sigma_s$  характеризует упругую составляющую изгибающего момента, то величину

$$m = \frac{M}{W \sigma_s} = 1,5 - 2r^2 \left( \frac{\sigma_s}{E} \right)^2 + \left[ \frac{1}{r} - 3 \frac{\sigma_s}{E} + 4r^2 \left( \frac{\sigma_s}{E} \right)^3 \right] \frac{k}{2}, \quad (6.13)$$

называют относительным изгибающим моментом при чистом упругопластическом изгибе с упрочнением. Таким образом, имеем

$$M = m W \sigma_s \quad (6.14)$$

Известно, что при упругом изгибе относительная деформация продольного волокна на расстоянии  $y$  определяют по формуле

$$\varepsilon = \frac{y}{R} = \frac{My}{EI},$$

где  $I$  – момент инерции сечения.

При  $y = h/2$

$$\varepsilon = \varepsilon_{\max} = \frac{h}{2R} = \frac{1}{2r} = \frac{M}{EW} \quad (6.15)$$

Упругую отдачу полосы после снятия нагрузки при упругопластическом изгибе определим, подставив в выражение (6.15) значение момента, определяемое формулой (6.14). Таким образом,

$$\varepsilon_{y.o} = \frac{\sigma_s}{E} m. \quad (6.16)$$

Из выражений (6.7), (6.10) и (6.16) следует

$$\varepsilon_{ост} = \frac{\sigma_s}{E} \left( \frac{1}{K_n} - m \right). \quad (6.17)$$

Из выражения (6.17) следует, что процесс правки осуществим только в том случае, если знакопеременный изгиб от ролика к ролику ведет к снижению величины  $\varepsilon_{ост}$ .

Действительно, даже при правке с параллельным расположением роликов остаточная деформация полосы уменьшается в связи с ростом доли упругой составляющей деформации (при постоянном  $K_n$ ), вызванного упрочнением (растет величина  $m$ ). При наклонном расположении роликов, кроме того, уменьшение остаточной деформации связано с увеличением исходного параметра  $K_n$  от ролика к ролику за счет увеличения зазора между правильными роликами по ходу правки.

### **Условия захвата**

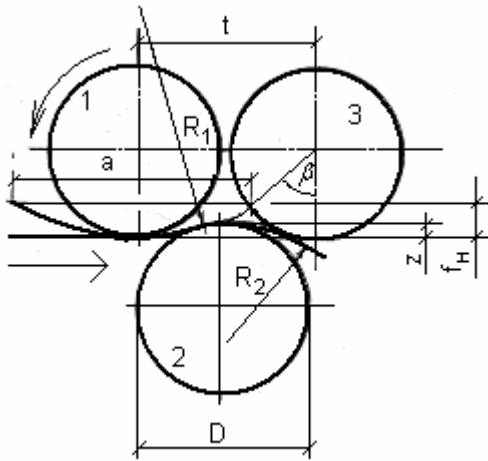
С условием захвата листа валками правильной машины связано назначение минимально возможного коэффициента упругой зоны  $K_{H\ min}$ , характеризующее максимально возможную кривизну изгиба полосы в первых роликах машины. Как будет показано ниже, с этим связано назначение настроечного зазора между рядами верхних и нижних роликов.

Как следует из схемы, представленной на рис.6, условия **естественного** захвата будут выполняться, если угол  $\beta$  будет меньше  $45^0$ .

Запишем следующие очевидные геометрические зависимости:

$$R_l \cong \frac{a^2}{8f}; \quad a = 2t - D \sin \beta; \quad f = D \frac{1 - \cos \beta}{2}.$$

Следовательно, радиус изгиба полосы равен



$$R_1 = \frac{(2t - D \sin \beta)^2}{4D(1 - \cos \beta)}$$

Поскольку коэффициент упругой зоны при изгибе на радиус  $R_1$

$$K_{H1} = \frac{2\sigma_s}{Eh} R_1, \text{ то}$$

$$K_{H1} = \frac{\sigma_s (2t - D \sin \beta)^2}{4EhD(1 - \cos \beta)}$$

$$\text{Учитывая, что } R_2 = \frac{R_1}{2},$$

Рисб.6. Схема захвата листа при правке. Получим выражение для определения минимального значения настроечного коэффициента упругой зоны с учетом параметров машины  $t$  и  $D$ :

$$K_{Hmin} = \frac{\sigma_s (2t - D \sin \beta)^2}{4EhD(1 - \cos \beta)} \quad (6.18)$$

Для обеспечения более устойчивых условий захвата листа автор работы [9] рекомендует принимать угол  $\beta = 30^\circ$ . Тогда

$$K_{Hmin} = \frac{\sigma_s (t - 0,25D)^2}{0,134EhD} \quad (6.19)$$

## 5. Определение технологических возможностей машины

Каждая ЛПМ предназначена для правки листов из металла с определенными механическими свойствами, для определенного диапазона толщин и определенной наибольшей ширины. Эти параметры приводятся в паспорте машины. На самом деле в производстве приходится подвергать правке более широкую номенклатуру металла по маркам и типоразмерам. Возможность правки листа с другими механическими характеристиками ( $\sigma_{s1}$ ) и размерами ( $h_1, B_1$ ) определяют из условий ограничения по усилию и моменту. Условие равенства усилий имеет вид [см.ф. (6.29)]

$$P_{max} = 2\sigma_s \frac{Bh^2}{t} = 2\sigma_{s1} \frac{B_1 h_1^2}{t}, \quad (6.20)$$

Откуда можно определить один из параметров, например  $h_1$ :

$$h_1 = h \sqrt{\frac{\sigma_s B}{B_1 \sigma_{s1}}} k, \quad (6.21)$$

где  $k$  – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки на ролики машины. Его значения приведены в табл.2 [9]. Из условия равенства мощности имеем

$$\frac{\sigma_s^2}{2E} BhvK_p = \frac{\sigma_1^2}{2E} B_1 h_1 v_1 K_p, \quad (6.22)$$

откуда следует

$$h_1 = \frac{\sigma_s^2 Bv}{\sigma_{s_1}^2 B_1 v_1}, \quad (6.23)$$

где  $v$  – скорость правки.

Для определения возможностей ЛПМ ХЛШ  $17 \times 75 \times 1700$  воспользуемся формулой (6.21) и построим диаграмму зависимости толщины полосы от предела текучести материала. В качестве паспортных данных машины примем  $\sigma_s = 280$  МПа,  $B = 1550$  мм,  $h = 5,0$  мм.

Диаграмма зависимости толщины выправляемой полосы от величины предела текучести при максимальной толщине полосы 1550 мм представлена на рис.8.

Аналогичную диаграмму можно построить в координатах **предел текучести – ширина** листа при определенной толщине, например, максимальной.

Таблица 6.3  
Значение коэффициента  $k$

k	B <sub>1</sub> /B	k	B <sub>1</sub> /B
1,0	1,0	0,86	0,5
0,97	0,9	0,84	0,4
0,94	0,8	0,82	0,3
0,91	0,7	0,8	0,2
0,88	0,6	0,79	0,1
		0,78	0,05

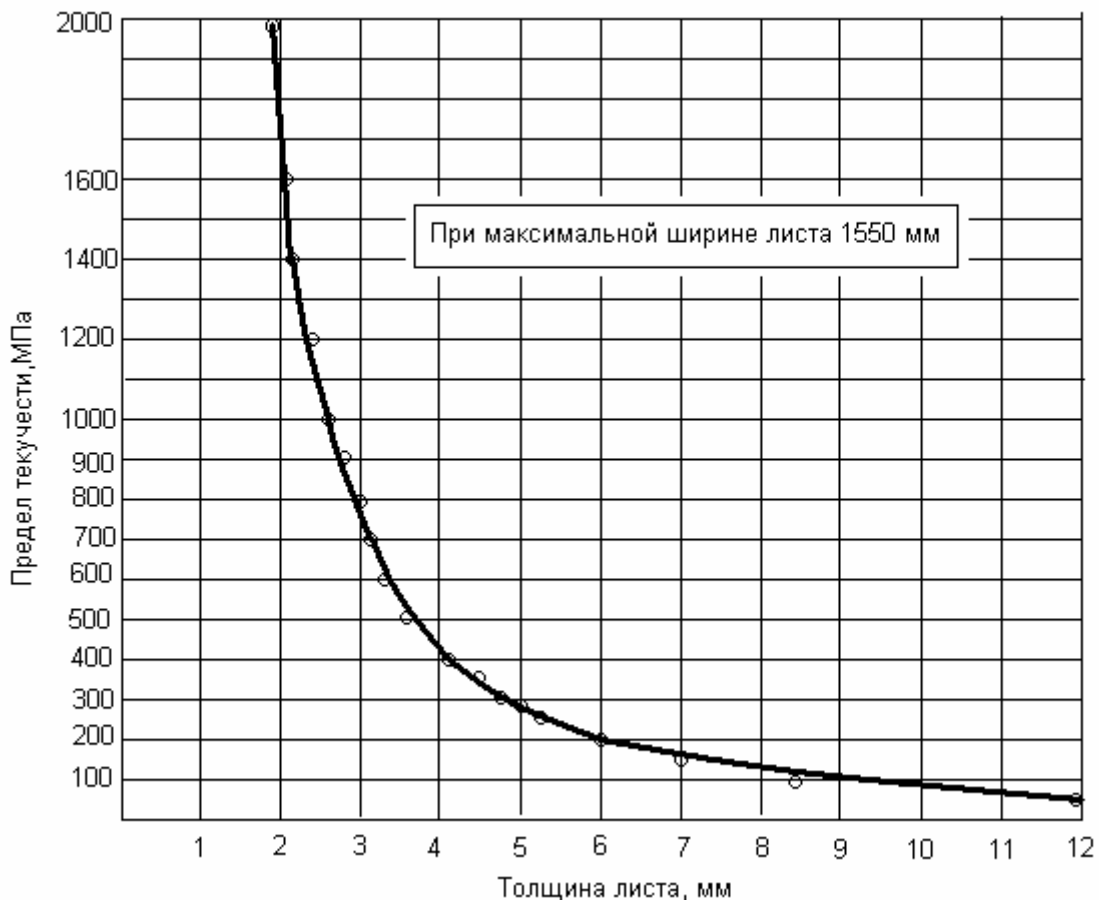


Рис.6.7. Диапазон правки на ЛПМ ХЛШ  $17 \times 75 \times 1700$

Скорость правки

Скорость правки выбирают в зависимости от производительности машины и толщины листов. На основании практических данных принимают следующие значения скорости правки: для тонких листов (0,5 – 4 мм) 6 – 0,5 м/с; для толстых листов (4 – 30 мм): при холодной правке 0,5 – 0,1 м/с, при горячей 1,0 – 0,3 м/с .

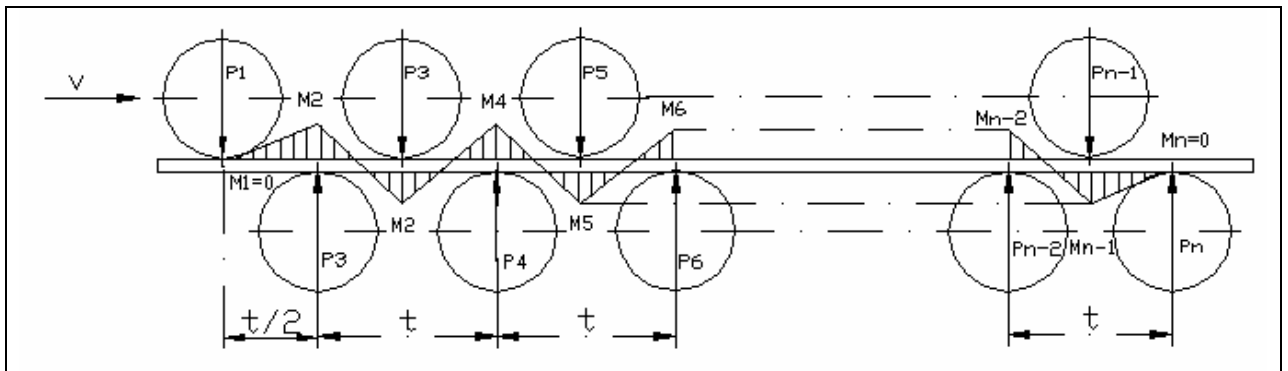


Рис.6.8. К определению энергосиловых параметров при правке полосы

Рассмотрим методику определения усилий на ролики при правке полосы (рис.). Составляя уравнения момента последовательно для сечения 2, 3, 4, ... (n – 2), (n – 1) и n, получим:

$$\begin{aligned}
 P_1 \frac{t}{2} &= +M_2; & P_1 &= \frac{2}{t} M_2; \\
 P_1 t - P_2 \frac{t}{2} &= -M_3; & P_2 &= \frac{2}{t} (M_3 + 2M_2); \\
 P_1 \frac{3}{2} t - P_2 t + P_3 \frac{t}{2} &= +M_4 & P_3 &= \frac{2}{t} (M_4 + 2M_3 + M_2); \\
 P_1 2t - P_2 \frac{3}{2} t + P_3 t - P_4 \frac{t}{2} &= -M_5; & P_4 &= \frac{2}{t} (M_5 + 2M_4 + M_3); & (6.25) \\
 P_5 &= \frac{2}{t} (M_6 + 2M_5 + M_4); \\
 & \dots \dots \dots \\
 P_i &= \frac{2}{t} (M_{i+1} + 2M_i + M_{i-1}); \\
 & \dots \dots \dots \\
 P_{n-1} &= \frac{2}{t} (0 + 2M_{n-1} + M_{n-2}); & P_n &= \frac{2}{t} (0 + 0 + M_{n-1}).
 \end{aligned}$$

Моменты  $M_1$  и  $M_n$  равны нулю, так как под первым и последним роликами нет деформации полосы.

Суммарное давление на все верхние и нижние ролики

$$P = \sum_1^n P_i = \frac{8}{t} (M_2 + M_3 + \dots M_{n-2} + M_{n-1}), \quad (6.26)$$

где  $M_2, \dots, M_{n-1}$  — моменты упруго-пластического изгиба  $i$ -м роликом.

Для листопрямельных машин с большим числом роликoв ( $n > 11$ ) с достаточной точностью можно принимать, что: 1) под первыми тремя роликoми (вторым, третьим и четвертым) все сечение полосы деформируется (правится) пластически и моменты  $M_2$ ,  $M_3$  и  $M_4$  определяются по формуле

$$M_n = \sigma_s \frac{bh^2}{4}, \quad (6.27)$$

а 2) под последними тремя роликoми все сечение полосы деформируется только упруго и моменты  $M_{n-3}$ ,  $M_{n-2}$  и  $M_{n-1}$  определяются по формуле

$$M_y = \sigma_s \frac{bh^2}{6}$$

3) под остальными средними ( $n - 8$ ) роликoми значение момента изгиба среднее между пластическим и упругим моментами.

Подставляя эти значения моментов в основную формулу (6.26), получим

$$P = \frac{5}{3}(n - 2)\sigma_s \frac{bh^2}{t}. \quad (6.28)$$

Выясним теперь, какой ролик при правке полосы испытывает максимальное усилие.

Так как первые три ролика изгибают полосу почти пластически ( $M_2 = M_3 = M_4 = M_n$ ), то из анализа уравнения (6.25) для  $P_2$ ,  $P_3$  и  $P_4$  следует, что максимальное усилие будет испытывать третий ролик:

$$P_3 = \frac{8}{t}M_n = 2\sigma_s \frac{bh^2}{t}. \quad (6.29)$$

### *Определение энергосиловых параметров процесса правки*

Многие исследователи, в том числе и авторы [1,2] для упрощения расчетов истинное распределение напряжений в поперечном сечении полосы заменяют диаграммой Прандтля, т. е. принимая напряжения за пределами упругой деформации постоянными и равными пределу текучести  $\sigma_s$ . Уравнения, определяющие удельную работу деформации, работу деформации  $i$  – ролика, мощность и момент правки принимают вид

$$a_n = \frac{\varepsilon_n \sigma_s}{2} = \frac{\sigma_s^2}{2E} \cdot \frac{k_n}{1 - k_n}; \quad (6.30)$$

$$A_i = \frac{\sigma_s^2}{2E} \cdot \frac{k_n^2}{1 - k_n}; \quad (6.31)$$

$$N = \frac{\sigma_s^2}{2E} bh v k_\partial; \quad (6.32)$$

$$M = N / \omega = \frac{\sigma_s^2}{2E} bh R k_\partial, \quad (6.33)$$

где  $k_\partial$  — результирующий (суммарный) коэффициент пластической деформации при правке полосы (при  $k_2 = 0,8 \div 0,6$ )

$$k_\partial = \sum \frac{k_n^2}{1 - k_n} \approx k_2^2 \left[ \frac{1}{1 - k_2} + k_2(n - 3) \right] \approx 4 \div 10, \quad (6.34)$$

здесь  $k_2 = 0,8 \div 0,6$  — коэффициент проникновения пластической деформации под вторым роликом.

При определении мощности электродвигателя для привода правильной машины, кроме мощности деформации пластического изгиба (формула 6.31), необходимо учесть потери мощности на трение в подшипниках  $N_{подш}$  и мощность трения качения роликов по полосе  $N_{кач}$  для всех  $n$  роликов, а также  $\eta$  — к. п. д. редуктора и шестеренной клетки, имеющихся в линии привода машины:

$$N_{дв} = (N_{деф} + N_{подш} + N_{кач}) / \eta. \quad (6.35)$$

Мощность потерь на трение в подшипниках всех  $n$  рабочих роликов

$$N_{подш} = M_{тр} \omega = P \mu \frac{d}{2} \omega \quad (6.36)$$

где  $d$  — диаметр трения в подшипниковых опорах;  $\omega$  — угловая скорость вращения роликов;  $\mu$  — коэффициент трения в подшипниковых опорах роликов: для шариковых  $\mu = 0,003$ ; для роликовых  $\mu = 0,005$ ; для игольчатых  $\mu = 0,01$ ; для скольжения  $\mu = 0,08 \div 0,1$ .

В том случае, если рабочие ролики опираются на опорные, следует принимать, что все усилие  $P$  передается от рабочих роликов опорным (т. е. опоры рабочих роликов полностью разгружены).

Мощность трения качения роликов по полосе

$$N_{кач} = M_{кач} \omega = P m \omega \quad (6.37)$$

где  $m$  — коэффициент трения качения; с учетом возможного проскальзывания между роликами и полосой следует принимать: для стальной полосы  $m = 0,8 \div 1,0$  мм; для полосы из цветных металлов  $m = 0,09 \div 1,2$  мм.

Приводим уточненный расчет энергосиловых параметров правки

Для решения задачи примем показательную функцию распределения напряжений от степени деформации с учетом упрочнения (2), по выражениям (3) определив входящие в нее коэффициенты. Этому закону распределения напряжений соответствует кривая, представленная на рис. 3,в.

Удельная энергия пластической деформации при изгибе с упрочнением

$$a_n = \frac{1}{h/2 - y_s} \int_{y_s}^{h/2} \sigma_y \varepsilon_y dy. \quad (6.38)$$

Принимая

$$\sigma_y = K \varepsilon_y^n; \quad \varepsilon_y = \frac{y}{\rho}; \quad \varepsilon_s = \frac{y_s}{\rho},$$



после интегрирования получим

$$a_n = \frac{K\varepsilon_{\max}^{n+1}(1 - K_H^{n+2})}{(1 - K_H)(n + 2)}, \quad (6.39)$$

$$\text{где } \varepsilon_{\max} = \frac{h/2}{\rho}, \quad K_H = \frac{y_s}{h/2} = \frac{\varepsilon_s}{\varepsilon_{\max}}, \quad \varepsilon_s = \varepsilon_{02} = \frac{\sigma_{02}}{E}.$$

Работа пластической деформации  $i$  – го ролика полосы единичной длины

$$A_i = a_n F_n = 2b(h/2 - y_s) \frac{K\varepsilon_{\max}^{n+1}(1 - K_H^{n+2})}{(1 - K_H)(n + 2)},$$

$$\text{или } A_i = \frac{K\varepsilon_{\max}^{n+1}(1 - K_H^{n+2})}{(n + 2)} bh, \quad (6.40)$$

Мощность правки полосы между  $(k-2)$  роликами длиной  $L$  со скоростью  $v$

$$N = \frac{Kbhv}{(n + 2)} \left[ \sum_{i=2}^{k-1} (\varepsilon_{\max})_i^{n+1} \cdot \sum_{i=2}^{k-1} (1 - K_H^{n+2})_i \right] \quad (6.41)$$

где  $k$  – число роликов правильной машины.

Примем линейный характер зависимости  $\varepsilon_{\max}$  и  $K_H$  в направлении расположения роликов правильной машины, т.е.

$$(\varepsilon_{\max})_i = \varepsilon_{\max}^2 - \frac{\varepsilon_{\max}^2 - \varepsilon_{\max}^{k-1}}{k - 4} (i - 2) \quad (6.42)$$

где  $i = 3, 4, \dots, k-2$ ;  $\varepsilon_{\max}^2$  – деформация под 2 – роликом (задана, см. выше);

$\varepsilon_{\max}^{k-1}$  – деформация под предпоследним  $(k-1)$  роликом:  $\varepsilon_{\max}^{k-1} = \sigma_{02} / E$ .

Аналогично определим  $(K_H)_i$ :

$$(K_H)_i = K_H^{k-1} + \frac{K_H^{k-1} - K_H^2}{k - 4} (i - 2). \quad (6.43)$$

Введя средние значения членов сумм выражения (6.41), можно упростить вычисление мощности правки. Тогда

$$N = \frac{Kbhv}{(n + 2)} (k - 2)^2 (\varepsilon_{\max})_{cp}^{n+1} (1 - K_H^{n+2})_{cp}, \quad (6.44)$$

где

$$(\varepsilon_{\max})_{cp} = \frac{(\varepsilon_{\max})_2 + \varepsilon_{02}}{2}; \quad (K_n)_{cp} = \frac{(K_n)_2 + 1}{2}, \quad (6.45)$$

где

$(\varepsilon_{\max})_2, (K_n)_2$  - соответственно максимальная деформация и показатель упругой зоны под 2 – роликом;

$\varepsilon_{02} = \frac{\sigma}{E}, K_n = 1$  - соответственно максимальная упругая деформация и показатель упругой зоны под  $k-1$  – роликом.

Крутящий момент на всех  $(k - 2)$  роликах (кроме первого и последнего), которые не изгибают полосу) при правке полосы со скоростью  $\mathcal{G}$  с учетом выражения (6.44) можно определить по формуле:

$$M_{\text{деф}} = N / \omega = \frac{KbhD}{2(n+2)} (k-2)^2 (\varepsilon_{\max})_{cp}^{n+1} (1 - K_n^{n+2})_{cp}, \quad (6.46)$$

где  $R$  – радиус правильного ролика.

Настройка правильной машины определяется по формуле

$$Z = h - \frac{\sigma_s t^2}{8K_n E h}, \quad (6.47)$$

Где  $Z$  – зазор между первым нижним роликом, и плоскостью, проходящей по образующим верхних роликов (для машин с наклонным расположением рабочих роликов), мм;  $h$  – толщина листа, мм;  $\sigma_s$  – предел текучести металла, МПа;  $t$  – шаг между рабочими роликами, мм;  $K_n$  – настроечный коэффициент ( $K_n = 1 - K_n$ );  $E$  – модуль упругости, МПа.

### **Сортоправильные машины**

Роликовые сортоправильные машины применяют для холодной правки всего сортамента сортопрокатных цехов отечественной металлургии (рельсов, балок, швеллеров, угловой стали, квадратных и круглых профилей и т. д.).

Основными параметрами сортоправильных машин являются: шаг роликов  $t$ , максимальная высота выправляемого профиля  $h$  момент сопротивления сечения профиля  $W$ , диаметр роликов  $D$ , скорость правки  $v$  и число роликов  $n$ .

Сортоправильные машины с профилированными роликами конструктивно выполняют двух типов: а) с открытым консольным расположением роликов; б) с закрытым расположением роликов на валах между двумя опорами последних.

У правильных машин с консольными однорядными роликами наиболее нагружены передние опоры. Эти машины более удобны в эксплуатации (легко доступны для наблюдений и смены роликов), поэтому их применяют не только для правки мелких и средних, но и крупных профилей.

Правильные машины закрытого типа позволяют монтировать на приводных валах несколько рядов роликов для правки различных профилей из числа мелкого и среднего сорта, что сокращает время на смену и настройку роликов (по сравнению с машиной, имеющей консольные ролики).

Для правки рельсов и крупных сортовых профилей применяют правильные машины с 7—9 роликами, а для правки средних и мелких профилей — с 11—13 роликами. Минимальное число роликов, предусматриваемых для правки крупного сорта равно пяти. Скорость правки в зависимости от требуемой производительности машины - в пределах 0,5—0,3 м/с.

Почти во всех конструкциях машин дополнительно к правильным роликам устанавливаются входной и выходной ролики. При этом, если входной ролик выполняет роль главным образом направляющего, то выходной служит для дополнительной настройки правильной машины. Вертикальное перемещение этих роликов может осуществляться вручную или с помощью электропривода.

Основными разработчиками и изготовителями этого типа правильных машин являются машины УЗТМ, СКМЗ и ВНИИметмаш.

На рис.6.9 показана правильная машина конструкции УЗТМ с консольными роликами для правки рельсов в вертикальном положении их сечения [2]. Максимальный момент сопротивления сечения рельса  $300 \text{ см}^3$  (рельсы типа Р43 и Р50), предел текучести материала рельсов 500 МПа. В правильной машине 6 роликов с номинальным диаметром 740 мм. Шаг роликов 1200 мм, скорость движения рельсов при правке 1—1,6 м/с. Привод роликов осуществляется от

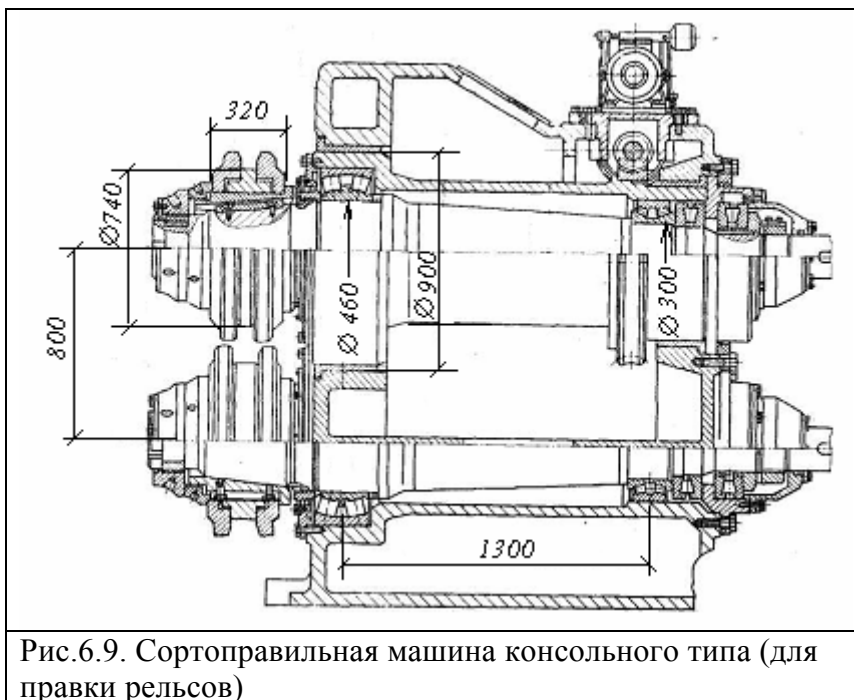


Рис.6.9. Сортоправильная машина консольного типа (для правки рельсов)

от электродвигателя постоянного тока мощностью 150 кВт и частотой вращения 500—1000  $\text{мин}^{-1}$  через специальную комбинированную шестеренную клетку с встроенной в нее двухступенчатой цилиндрической передачей.

Ролики установлены консольно на приводных валах с опорами на роликоподшипниках.

Верхний вал каждого ролика установлен в эксцентричной кассете-втулке, приводимой в движение от двигателя мощностью 2,2 кВт и частотой вращения 833  $\text{мин}^{-1}$  через цилиндрические шестерни и червячную пару, встроенные в станину. Таким образом, вращением эксцентричной втулки достигается радиальная (вертикальная) установка верхних роликов.

Для направления профиля в машину и частичной правки его в горизонтальной плоскости перед машиной и за ней установлены в направляющих по два вертикальных холостых ролика. Каждый из этих роликов устанавливают на необходимый размер профиля при помощи винтов, вращающихся в гайках, смонтированных в ползунах; привод осуществляется таким же электродвигателем мощностью 2,2 кВт и частотой вращения 883  $\text{мин}^{-1}$  через двухступенчатый цилиндрический редуктор.

Корпус машины и направляющие вертикальных роликов литые стальные, а корпус шестеренной клетки — литой из модифицированного чугуна.

На рис. показана восьми роликовая сортоправильная машина закрытого типа конструкции СКМЗ [2]. Машина предназначена для холодной правки профилей различного сечения (что достигается установкой сменных роликов), момент сопротивления которых не более  $50 \text{ см}^3$ , предел прочности 450 МПа и предел текучести не превышает 260 МПа, а скорость правки 2 м/с.

Профилированные ролики установлены между опорами валов, приводными являются шесть роликов (два верхних и четыре нижних); привод осуществляется от

электродвигателя мощностью 60 кВт и частотой вращения  $725 \text{ мин}^{-1}$  через редуктор с передаточным числом  $i = 8,466$  и шпиндели с пружинным уравниванием. Холостыми являются два верхних ролика — второй и четвертый. Диаметр роликов 450 мм, шаг 500 мм. Вертикальная регулировка верхних роликов осуществляется ручным нажимным устройством; уравнивание верхних подушек и валов с роликами пружинное.

### Методика расчета сортоправильных машин

Усилия на ролики  $P_1, P_2, \dots, P_n$  (рис.6.11) определяют по тем же формулам, что и для листоправильных машин. Таким образом, для определения полного давления

Применяя формулу (6.26). Изгибающие моменты  $M_2, M_3, \dots, M_{n-2}$ , необходимые для правки профилей сложного (непрямоугольного) сечения (ввиду отсутствия экспериментальных данных о величине коэффициента проникновения пластической деформации  $K_n$ ) авторы [2] предлагают определять так. Принимаем, что первые три ролика (второй, третий и четвертый) изгибают полосу пластически, а последние ( $n - 5$ ) роликов — упруго (исключая первый и последний, где  $M_{изг} = 0$ ). Тогда формула (6.26) получит следующий вид:

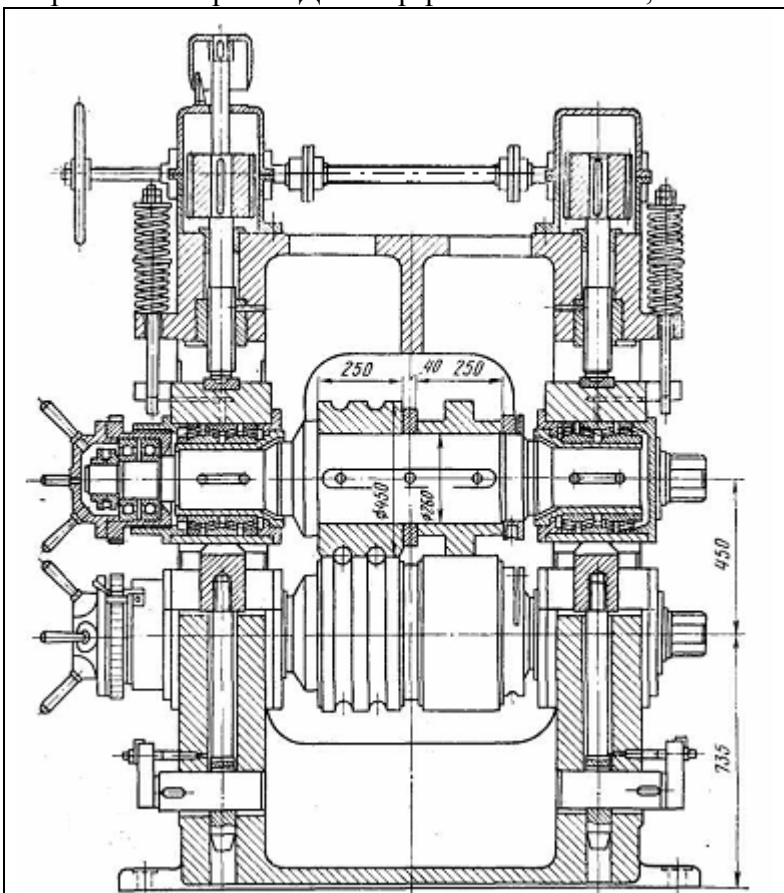


Рис.6.10. Сортоправильная машина закрытого типа

где  $k = W_n/W_y$  — отношение моментов сопротивления сечения при пластическом и упругом изгибах.

Принимая во внимание, что пластический момент сопротивления равен удвоенному статическому моменту части профиля, расположенного по одну сторону от центральной оси поперечного сечения:

$$W_n = 2S = 2y_u F / 2$$

Таким образом, не трудно вычислить коэффициент  $k$  для любого сечения. Ниже приведены значения  $k = W_n/W_y$  для некоторых профилей:

где  $y_u$  — координата центра тяжести указанной части сечения.

Круг.....	1,7	Уголок.....	1,4
Квадрат (на ребро).....	2,0	Двутавр (лежа).....	1,4
Швеллер (лежа).....	1,2	Рельс (на подошву).....	1,6

Работу (мощность) правки можно определить по формуле (6.49), которая в данном случае получит следующий вид:

$$N = \frac{\sigma_s^2}{2E} F v k_d;$$

где  $F$  — площадь поперечного сечения профиля.

### Машины для правки профилей в двух плоскостях и кручением.

Сортовые профили в процессе их прокатки термообработки и охлаждения приобретают местную и общую кривизну и изогнутость в различных плоскостях по длине. Исправление геометрической формы профилей осуществляют правкой их на многороликовых правильных

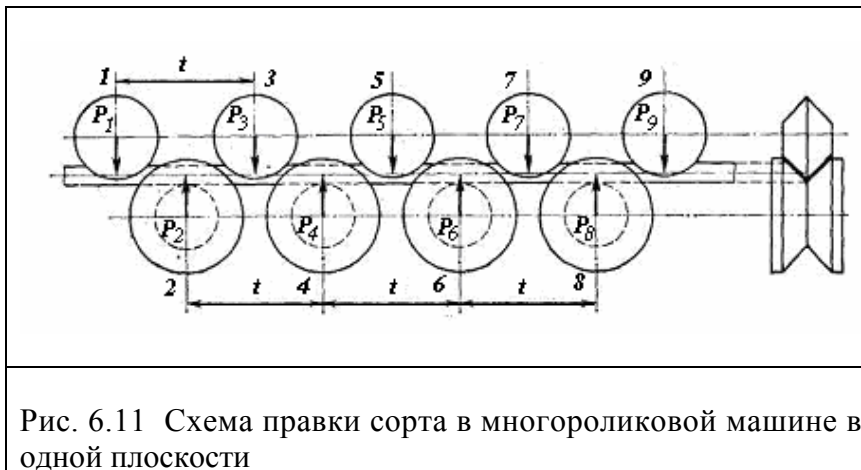


Рис. 6.11 Схема правки сорта в многороликовой машине в одной плоскости

машинах и дополнительной правкой на прессах: вертикальных (крупные профили) или горизонтальных (средние профили).

Правка профилей на многороликовых машинах осуществляется путем последовательного знакопеременного поперечного изгиба их между роликками, расположенными в

шахматном порядке (рис. 6.11,а) Очевидно, что при этом может быть достигнуто выпрямление профиля только в одной плоскости (обычно в плоскости наименьшей жесткости, т. е. в положении профиля «лежа»). Этот метод правки можно считать достаточным только для правки простых сортовых профилей (круг, квадрат). Для фасонных сортовых профилей (рельсы, балки, швеллеры) применяют дополнительную правку во взаимно перпендикулярных плоскостях двумя способами: 1) правка на прессах путем местного изгиба профиля бойком между двумя опорами: этим способом исправляют отдельные искривленные участки и добиваются общей прямолинейности профиля по длине; 2) правка на многороликовой правильной машине в двух плоскостях. Для осуществления правки по этому способу применяют так называемые правильные машины двухплоскостной правки. Эти машины состоят из двух отдельных секций: первая с горизонтальными роликками и вторая с вертикальными роликками. Ролики в этих секциях, как в обычных правильных машинах, расположены в шахматном порядке (на некоторых машинах предусмотрена возможность изменения шага между роликками в зависимости от величины сечения и требуемого качества правки).

Правка профилей осуществляется последовательно в первой секции — в вертикальной плоскости, во второй — в горизонтальной плоскости. Эти машины обладают большой производительностью и обеспечивают качественную правку всех нормальных фасонных (открытых) профилей (рельсов, балок, швеллеров, угловой и зетовой стали).

Тонкостенные профили как и обычные нормальные профили, обладают большой жесткостью (большим моментом инерции), но имеет более тонкие стенки (применение таких профилей при строительстве промышленных сооружений позволяет сэкономить 10—15 % металла).

При прокатке и охлаждении тонкостенные профили не только искривляются (как обычные профили), но приобретают дополнительную пространственную кривизну (скрученность по винтовой линии). Практика показывает, что выправить такие

профили путем знакопеременного изгиба в двухсекционных машинах оказывается во многих случаях невозможным.

Для правки тонкостенных профилей (балок, швеллеров, уголков) предложен и уже применяется на практике так называемый способ стесненного кручения (или косоугольного изгиба) (рис.6.12). Сущность этого способа заключается в том, что при правке на мно-

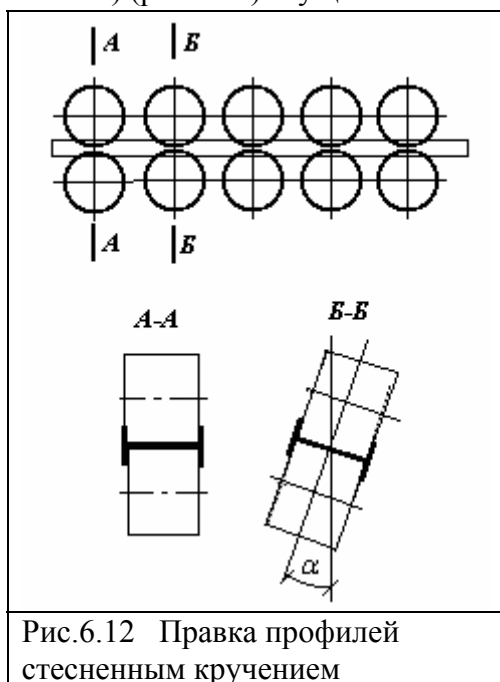


Рис.6.12 Правка профилей стесненным кручением

гороликовой правильной машине к сечению профиля прикладывается крутящий момент, направленный в сторону, обратную углу скручивания профиля до правки.

Конструктивно это выполняется следующим образом. Правильная машина имеет несколько пар консольных роликов соответствующего профиля, причем ролики расположены не в шахматном порядке (как на обычных правильных машинах), а один над другим. Нечетные пары правильных роликов установлены в стационарных станинах, а четные — в станинах, имеющих возможность поворачиваться (вместе со своими консольными роликами) относительно продольной оси выправляемого профиля. Таким образом, каждая последующая пара роликов может быть установлена под некоторым углом к вертикали (по отношению к предыдущей паре роликов). При движении полоса, попадая в поворотные ролики машины, получает

деформацию скручивания на угол противоположного знака по отношению к соответствующему углу скручивания исходной полосы.

### Машины для правки труб

Для правки труб, имеющих продольную кривизну и поперечную овальность сечений, применяют машины различного типа.

Грубая правка продольной кривизны труб осуществляется на эксцентриковых прессах, аналогичных по конструкции прессам для правки крупных фасонных профилей; достигаемая точность правки при этом невысокая (кривизна более 1,5

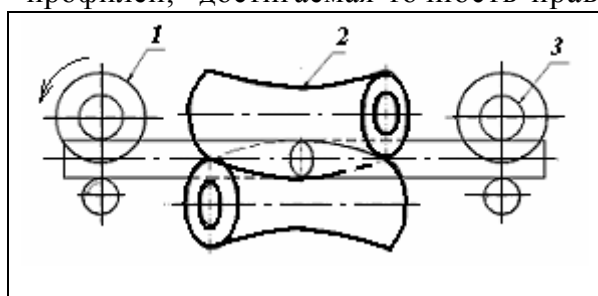


Рис. 6.13 Схема двухвалковой машины для правки труб и круглых профилей: 1-задающие ролики; 2-правильный ролик; 3-тянущие ролики

мм на метр длины трубы). Если кроме исправления (уменьшения) продольной кривизны требуется уменьшить овальность сечений трубы, то трубы подвергают дополнительной правке на простой по конструкции правильной машине с одной парой косорасположенных валков, имеющих профиль бочки в виде гиперболоида вращения (рис.6.13).

Эти же машины применяют для грубой правки круглого сортового проката (прутков, штанг). При правке в этих машинах труба (штанга), кроме

поступательного, совершает также вращательное движение. Благодаря этому сечение трубы многократно изгибается и достигается правка кривизны трубы по длине и овальности по сечению.

Для правки труб из высокопрочных сталей применяют правильные косовалковые машины не с двумя, а с тремя гиперболоидными валками. По сравнению с двухвалковыми в трехвалковых машинах три валка в поперечном сечении образуют «закрытый» калибр, позволяющий сообщать металлу трубы большие деформации без опасения появления поверхностных трещин на трубе при правке (рис. 6.14).

Для более точной правки продольной кривизны труб применяют многороликовые правильные машины с консольно-расположенными в шахматном порядке гиперболоидными роликами, как и при правке круглого сортового проката (прутков, штанг).

### 3. ПРАВИЛЬНЫЕ ПРЕССЫ

Правильные прессы применяют для дополнительной правки концов сортовых профилей, недостаточно качественно выправленных на роликовых машинах, а также правки сортовых профилей (балок, швеллеров) в плоскости наибольшей жесткости их поперечного сечения.

Правильные прессы бывают двух типов: вертикальные и горизонтальные; в обоих случаях их выполняют шатунно-эксцентриковыми.

На вертикальных прессах выправляемый профиль устанавливают на двух роликовых опорах, расположенных на нижнем неподвижном столе прессы. Правку осуществляют приложением усилия  $P$  посередине между опорами путем перемещения верхнего ползуна с призмой, соединенного с эксцентриковым валом.

На горизонтальных прессах схема правки аналогична описанной выше, но ползун с кривошипно-шатунным приводом расположен горизонтально.

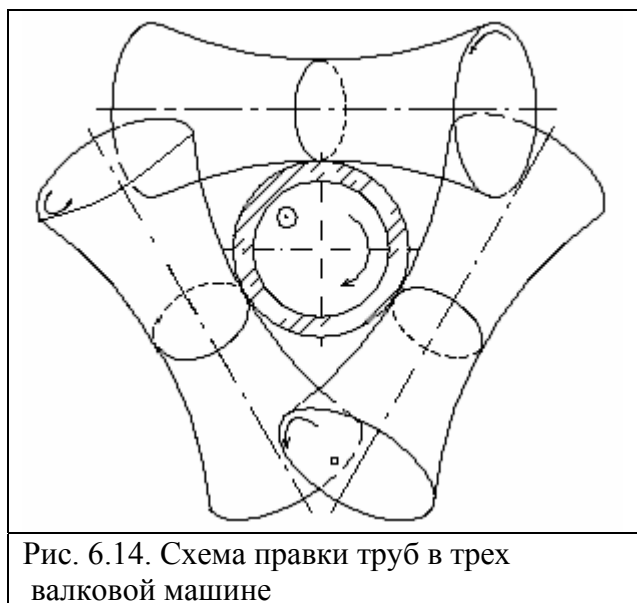


Рис. 6.14. Схема правки труб в трехвалковой машине