

Г. Н. БЕЛЯВСКИЙ

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ о калибровке валков для прокатки металла

Допущено Главным управлением учебных заведений НКТП СССР в качестве учебного пособия на 1933—34 г. для техникумов металлургической промышленности

ОНТИ НКТП СССР

1 9 3 3

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ПО ЧЕРНОЙ И ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ
ЛЕНИНГРАД · МОСКВА · СВЕРДЛОВСК

ОГЛАВЛЕНИЕ.

	Стр.
Предисловие ко второму изданию	3
Введение	5
I. Основные факторы калибровки.	
Пластичность металла	7
Захватывание	8
Обжатие и вытяжка	11
Толщина болванки и диаметр валков	15
Скорость прокатки и подразделение станов	19
Уширение	21
II. Калибровка.	
Общие замечания о калибровке ручьев	23
Типы ручьев	25
Расположение ручьев	27
Ручьи обжимных станов	—
Плоские ручьи	28
Ромбические ручьи	29
Стрельчатые ручьи	32
Система ручьев овал—квадрат или овал—ромб	34
Ручьи подготовленных или черновых станов	35
Отделочные или чистовые ручьи	36
Квадратные отделочные ручьи	38
Круглые отделочные ручьи	38
Калибровка прямоугольных профилей	40
Калибровка фасонных профилей	44
Равнобокое угловое железо	49
Неравнобокое угловое железо	62
Двутавровая балка	69
Швеллер	75
Рельс	75
Тавровая балка	88
III. Приложения.	
OCT 8 Железо круглое	93
OCT 9 Железо квадратное	95
OCT 10 Проволока железная катаная	96
OCT 11 Железо шинное	97
OCT 12 Железо обручное	98
OCT 13 Железо полосовое	99
OCT 14 Железо угловое равнобокое	101
OCT 15 Железо угловое неравнобокое	104
OCT 16 Железо двутавровое	106
OCT 17 Железо корытное (швеллерное)	107

Отв. редактор Н. Ф. Павлов.

Техн. редактор Е. Г. Дорфман.

Госметаллургиздат № 35/л. Индекс МЧ-55-4-2. Тираж 5.000. Сдано в набор 18/X-33 г. Подп. в печ. 10/XII-33 г. Формат бумаги 82×110. Печатн. л. 6^{3/4}. Бум. л. 1^{11/16}. Печ. зн. в бум. л. 158.400. Зак. № 1100. Ленгорлит № 25652. Выход в свет декабрь 1933 г.

З-я тип. ОНТИ им. Бухарина. Ленинград, ул. Мойсеенко, 10.

ПРЕДИСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ.

Первое издание этой книги (1930 г., Гостехиздат, Рабочая библиотека) было первой и пока единственной попыткой дать в доступной для рабочего форме основные понятия о калибровке валков для горячей прокатки металла.

Тот факт, что до последнего времени вопросы калибровки не были затронуты в популярной технической литературе, можно объяснить отчасти сравнительной узостью темы и ограниченным кругом рабочих читателей, на которых может быть рассчитана книга о калибровке. Кроме того, популяризация данного вопроса встречает известные затруднения.

Второе издание отличается от первого рядом дополнений и некоторым исправлением прежнего текста. Введены новые главы: калибровка неравнобокого углового железа, швеллера, рельса и тавровой балки. Во всех примерах калибровки фасонных профилей последние взяты в настоящем издании из общесоюзных стандартов со ссылками на соответствующий номер ОСТ.

Наконец, в конце книги, в виде приложения приведены общесоюзные стандарты на прокатные металлы тех профилей, калибровка которых описана в тексте.

ВВЕДЕНИЕ.

Обработка металлов прокаткой состоит в том, что литье слитки или болванки пропускают между двумя вращающимися валками. При этом металл сжимается в поперечном направлении, вытягивается в длину и получает требуемую форму одинакового поперечного сечения по всей длине. Этого результата достигают не за один проход между валками, а за несколько. Если продуктом прокатки являются листы или широкие полосы с неровными краями, то применяют валки с гладкой поверхностью. Для получения же фигурного сечения (сортовые и фасонные профили) в валках делают особые выточки, которые называются *ручьями* или *калибрами*. Ручьи постепенно меняют свои размеры и форму, представляя переход от поперечного сечения болванки к поперечному сечению прокатываемого профиля.

Построение вышеуказанного ряда ручьев, придание последним необходимых размеров и формы, правильное расположение и подбор числа их — являются задачей *калибровки*.¹

Задача эта весьма сложная, так как правильное разрешение ее зависит от многих условий, из которых не все легко поддаются учету. Поэтому и до настоящего времени калибровка валков на заводах считается искусством, которым владеют немногие мастера — *калибровщики*. Эти калибровщики имеют наборы чертежей и шаблонов для различных профилей прокатываемого металла и пользуются ими при точке прокатных валков. Такие чертежи изображают ручьи хорошо действовавших валков, т. е. являются результатом опыта данного калибровщика или его предшественника. Очень часто калибровщики хранят чертежи калибров в секрете и тем самым становятся на заводе в положение трудно заменимых специалистов. Понятно, что прокатные цеха ценят калибровщиков, а в особенности имеющиеся у последних чертежи калибров. Однако нужно заметить, что всякий чертеж калибров, дающих хорошие результаты прокатки при определенных условиях работы и оборудовании прокатных станов,

¹ В настоящей книге рассматривается только калибровка при горячей прокатке.

может дать совершенно неудовлетворительные результаты при изменении этих условий. Другими словами, нельзя слепо копировать калибровку валков при всяких условиях работы прокатного цеха. В каждом случае, когда изменяются какие-либо условия работы, например: диаметры валков, число оборотов и т. п., приходится в имеющиеся чертежи калибров хорошо работавших валков вносить определенные исправления. В этих случаях уже недостаточно бывает одного опыта калибровщика-практика. Здесь на помощь приходит научное освещение вопросов калибровки. В последнее время калибровка валков изучалась некоторыми специалистами на ряде опытов. Результаты такого изучения позволяют сознательно относиться к явлениям деформации¹ металла при прокатке и должны оказать существенную помощь калибровщику при его работе по приспособлению имеющейся калибровки к меняющимся условиям производства.

Хотя при современном состоянии науки о калибровке все еще необходим опытный мастер, располагающий хорошими чертежами в этой области, — этому мастеру весьма полезно ознакомиться с научными обоснованиями приемов калибровки.

Настоящая книга имеет целью с одной стороны осветить явления, происходящие при прокатке и влияющие на калибровку, и с другой стороны — дать основные понятия о приемах калибровки. Все руководства по этому вопросу, имеющиеся в нашей технической литературе, весьма, кстати сказать, малочисленные, рассчитаны на студента ВТУЗ или на техника с подготовкой по математике не ниже программы 2-й ступени трудшколы. Между тем калибровщики в огромном большинстве случаев бывают практики, не имеющие таких знаний. На них-то и рассчитана предлагаемая книга. Она может быть полезна также рабочему прокатного цеха, интересующемуся вопросами калибровки. Знание математики в объеме арифметических действий над дробями и понимание буквенных формул, обобщающих эти действия, — необходимо. Предполагается также общее знакомство с прокатными устройствами. Расширение круга работников, имеющих основные сведения о калибровке, должно ослабить вредную для дела зависимость заводов от незаменимых специалистов.

I. ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ КАЛИБРОВКИ.

Пластичность металла.

Известно, что в нагретом состоянии металлы становятся пластичными, т. е. они приобретают способность легко изменять свою форму под влиянием каких-либо усилий. Насколько пластичности главным образом и основана прокатка и калибровка валков. Чем выше температура нагрева металла, тем свойство пластичности проявляется сильнее. Обыкновенно прокатку начинают при температуре не выше 1200°, а кончают около 800°. Только прокатка тонкого листового и кровельного железа заканчивается при более низких температурах (до 500°).

Пластичность металла может быть измерена испытанием его на разрыв. Для этого из испытуемого металла изготавливают брусков определенных размеров и, закрепив концы бруска в зажимы разрывной машины, растягивают его все увеличивающимся грузом, пока бруск не разорвется. Машина показывает нагрузку при разрыве в килограммах. Если разделить эту величину на площадь поперечного сечения бруска до растяжения в квадратных миллиметрах, то получается так называемое сопротивление разрыву в кг на кв. мм. Этой величиною определяется крепость металла на разрыв. Если испытания на разрыв производить при разных температурах, то сопротивление разрыву также меняется. Чем выше температура, тем сопротивление разрыву меньше, т. е. тем меньше крепость металла и тем больше его пластичность.

Для примера здесь приведена таблица сопротивления разрыву двух сортов стали при разных температурах (табл. 1 на стр. 8). Взяты:

1) Осевая сталь (идет на изготовление паровозных и вагонных осей и валов для двигателей). Сопротивление разрыву ее при обыкновенной температуре от 50 до 60 кг на кв. мм.

2) Котельная сталь (котельные листы и заклепки). Сопротивление разрыву ее при обыкновенной температуре от 35 до 42 кг на кв. мм.

Испытания на разрыв производились над брусками, нагретыми во время испытания до температур, лежащих между

¹ Изменение формы.

850 и 1200°, т. е. как-раз до температур, при которых проходит прокатка. Разность между температурами нагрева каждого двух брусков равнялась 60°.

Таблица показывает, как с повышением температуры увеличивается пластичность металла (уменьшается сопротивление разрыву). Это изменение пластичности следует определенному закону. Если разделить последовательно одно на другое два соседние числа в каждом столбце сопротивлений разрыву, напр. $\frac{11,3}{10,5}$ или $\frac{1,05}{9,2}$ или $\frac{8,5}{7,9}$ и т. д., то получим числа, помещенные в последнем столбце. Два любых соседних числа последнего столбца отличаются друг от друга на 0,07.

Поскольку пластичность металла уменьшается с понижением температуры, постольку в начале процесса прокатки при очень высокой температуре слитку дают наибольшие обжатия (обжимные и подготовительные валки), по мере же остывания металла обжатия в последовательных ручьях должны понемногу уменьшаться (чистовые валки). Крупные сорта металла, остающиеся медленно, могут кататься с большими обжатиями, чем мелкие. Вообще можно сказать, что для получения хоро-

Таблица 1.
Сопротивления разрыву осевой и котельной стали при температурах от 850 до 1200°.

Temperatura	Сопротивление разрыву в кг на кв. мм		Отношения
	осевая сталь	котельная сталь	
800°			
850°	11,3	8,5	1,00
900°	10,5	7,9	1,07
950°	9,2	7,0	1,14
1000°	7,6	5,8	1,21
1050°	6,0	4,5	1,28
1100°	4,4	3,3	1,35
1150°	3,1	2,3	1,42
1200°	2,1	1,4	1,49
выше 1200°			1,56

шей работы прокатки следует проводить калибровку так, чтобы обжатия металла в последовательных ручьях уменьшались в той же мере, в какой увеличиваются сопротивления разрыву в связи с понижением температуры (табл. 1).

Захватывание.

Одно из основных правил калибровки состоит в том, чтобы для требуемого изменения размеров и формы металла нужно было как можно меньше пропусков, так как чем меньше их, тем короче время прокатки, тем меньше охлаждение полосы и потому тем меньше расход энергии.

Но при малом числе пропусков необходимо большое обжатие, большое „давление“, а оно ограничено следующими соображениями:

1) При слишком большом давлении валки начинают сильно пружинить, и это пружинящее действие изменяется при малейшем изменении температуры и состава металла полосы. Поэтому размеры сечений прокатанных полос получаются неодинаковые. Это обстоятельство лишний раз подтверждает то положение, высказанное выше, что давление в чистовых валках должно быть невелико. Однако, оно не должно быть также слишком мало, чтобы полоса легко увлекалась валками и чтобы мелкие неровности на рабочей поверхности валков не давали себя чувствовать. При достаточно сильном давлении эти неровности не оказывают влияния на полосы. Самое малое обжатие не должно быть меньше 5% от толщины полосы перед пропуском, или, в миллиметрах, для полос тоньше 10 мм допускают обжатие не меньше 0,5 мм, а для полос толще 10 мм—не меньше 1 мм.

2) При слишком большом давлении возникает вопрос о так называемом захватывании болванки.

При прокатке болванка захватывается двумя врачающимися валками благодаря трению между болванкой и валками. Толщина болванки всегда несколько больше высоты ручья, в который она *задается*. Однако, чем больше эта разница, т. е. чем толще болванка при данной высоте ручья, тем труднее болванка захватывается валками. Утолщая болванку, можно дойти до такой толщины, при которой болванка не пойдет в ручей. Трение между болванкой и валками будет недостаточно, и валки в этом случае будут скользить по болванке. На рис. 1 изображены два примера подачи в валки одного и того же диаметра болванок разной толщины. Где толщина болванки T_1 (1-й пример) больше, чем толщина болванки T_2 (2-й пример), там и угол a_1 больше угла a_2 . Углы a_1 и a_2 называются углами захвата.

Из приведенных примеров видно, что при одинаковых диаметрах валков с увеличением толщины задаваемой болванки угол захвата увеличивается. Поэтому можно сказать, что болванка захватывается валками тем легче, чем меньше

угол захвата. Угол, при котором валки перестают захватывать болванку, задаваемую в ручей, называется предельным

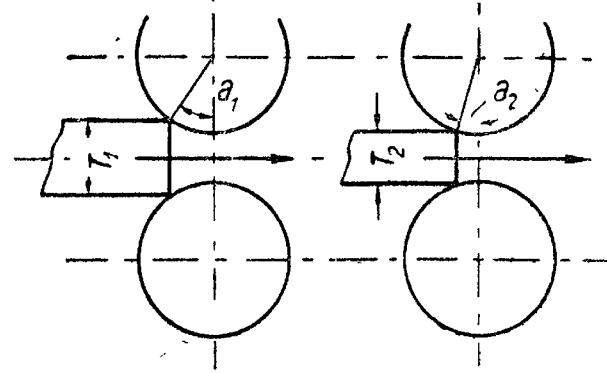


Рис. 1. Углы захвата. Примеры подачи болванок разной толщины в валки одинакового диаметра.

углом захвата. Практически считается, что предельный угол захвата 32° , но надежнее принимать этот угол равным 20° .

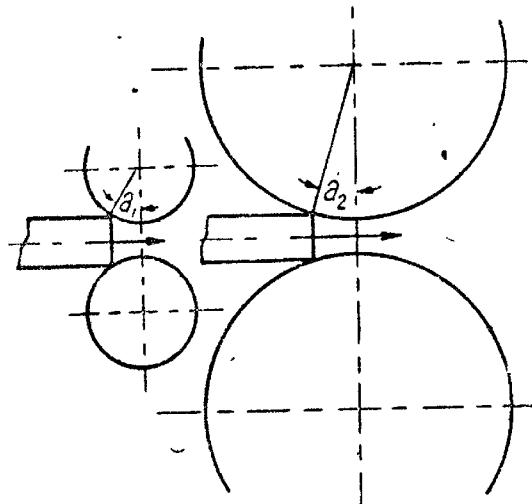


Рис. 2. Углы захвата. Примеры подачи болванок одинаковой толщины в валки разного диаметра.

насечки производятся или кернами, как показано на рис. 3 (сверху), или широкими бороздами (снизу). Второй способ насечки действует сильнее первого. Слева и справа от борозд оставляются свободные ранты, чтобы лучше располагаться проводки. Глубина насечек не должна быть слишком велика, иначе возвышения, получающиеся на полосе, не закатываются и остаются заметными на готовом продукте, ухудшая его качество. Обыкновенно достаточной бывает глубина насечки в $3-5\%$ от толщины полосы. Насечка эта обыкновенно делается пневматическими зубилами.

В некоторых случаях, когда вследствие слишком большого угла захвата металл не захватывается валками, в ручей бросают песок. Это увеличивает трение и облегчает захват.

Некоторую помощь захватыванию оказывает вталкивание болванки в валки. Как видно из рис. 4, края болванки при вталкивании сминаются, и угол захвата уменьшается.

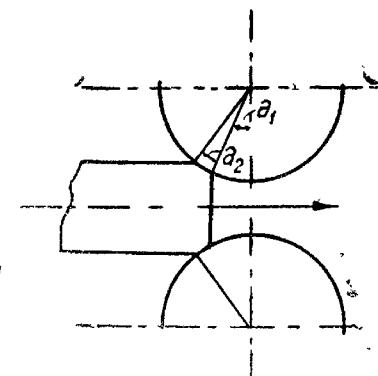


Рис. 4. Уменьшение угла захвата благодаря вталкиванию болванки в ручей.

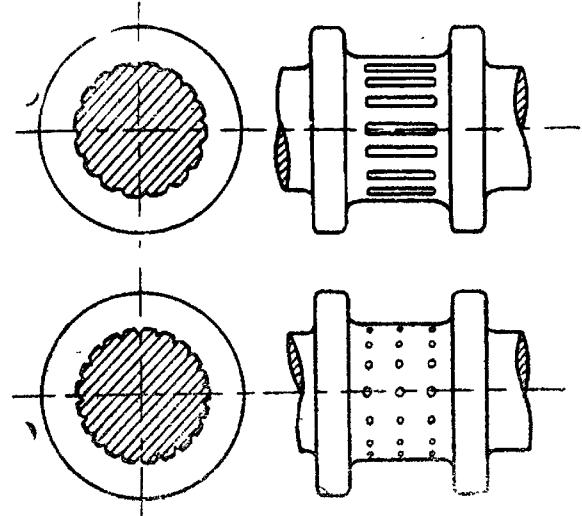


Рис. 3. Насечка на валках кернами и бороздами.

Обжатие и вытяжка.

При прокатке нагретую болванку или заготовку пропускают между валками несколько раз. Под влиянием "давления" валков площадь поперечного сечения прокатываемой полосы при каждом пропуске через ручей уменьшается, а длина полосы увеличивается. многими опытами установлено, что плотность металла, а следовательно и его объем, при прокатке практически не изменяется, а изменяется только

форма. Из этого следует, что во сколько раз при проходе через ручей уменьшается площадь поперечного сечения полосы, во столько же раз увеличивается ее длина. Например, если площадь поперечного сечения полосы после прохода через ручей уменьшилась в 1,5 раза, то полоса стала длинней тоже в 1,5 раза. Площадь поперечного сечения при прокатке изменяется главным образом за счет уменьшения толщины полосы, т. е. за счет изменения вертикального размера сечения. Это уменьшение толщины при проходе через ручей называется *обжатием*. Ширина полосы при прокатке увеличивается, хотя и очень незначительно. Это изменение ширины, т. е. увеличение горизонтального раз-

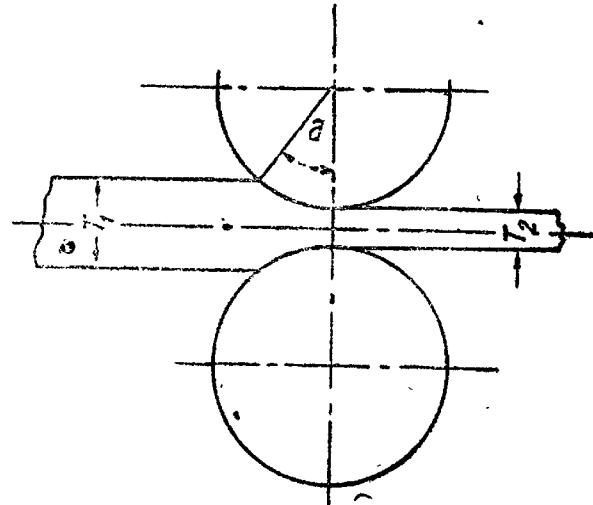


Рис. 5. Работа прокатных валков.

мера сечения полосы при проходе через ручей, называется *уширением*. Изменение длины прокатываемой полосы при проходе через ручей, т. е. разница между длиной полосы после прокатки и длиной ее до прокатки называется *вытяжкой*.

На рис. 5 прокатываемая полоса захвачена врачающимися валками и движется слева направо.

Толщина полосы до прохода через валки T_1 , после прохода T_2 . Угол захвата a .

$T_1 - T_2$ есть обжатие полосы. Это обжатие за один пропуск через валки не может быть как угодно велико. Оно зависит от угла захвата a и от диаметра валков. Чем больше угол a , тем больше „давление“ валков на полосу. Но с увеличением этого угла, захватывание или, по выра-

жениюю прокатчиков, „прием“ полосы валками становится все менее надежным, и, как было указано выше, захватывание становится невозможным, когда угол захвата больше 32° . Чем меньше угол a , тем легче захватывание, но тем меньше „давление“.

Таким образом, предельный угол захвата при данном диаметре валков ограничивает величину давления валков за один пропуск, а следовательно и величину обжатия. На том же основании и вытяжка металла за один пропуск ограничивается.

Что касается зависимости величины наибольшего обжатия $T_1 - T_2$ от диаметра валков, то здесь практикой выработаны вполне определенные условия для надежного приема. Условия эти заключаются в том, что наибольшее обжатие в валках должно заключаться в пределах:

$$\text{от } \frac{1}{10} d \text{ до } \frac{1}{17} d,$$

где d — диаметр валков.

Иногда при расчетах для наибольшего обжатия берут среднее значение

$$T_1 - T_2 = \frac{1}{13} d.$$

Предположим, что на обжимном стане с диаметром валков $d = 1000$ мм нужно обжать заготовку толщиной $T_1 = 210$ мм. При пропуске через один ручей можно дать обжатие:

$$T_1 - T_2 = \frac{1}{13} d = \frac{1}{13} \cdot 1000 = \text{около } 77 \text{ мм},$$

и после прохода через ручей полоса будет иметь толщину $210 - 77 = 133$ мм.

Назовем длину заданной полосы $-M_1$, длину полученной полосы $-M_2$, площадь поперечного сечения заданной полосы $-O_1$, площадь поперечного сечения полученной полосы $-O_2$.

Отношение длины полученной полосы к длине заданной называется *коэффициентом вытяжки*.

Назовем этот коэффициент через K , тогда

$$K = \frac{M_2}{M_1}.$$

Пусть длина заданной полосы $M_1 = 2$ м, длина полученной полосы $M_2 = 3$ м, тогда коэффициент вытяжки

$$K = \frac{3}{2} \text{ или } 1,5.$$

Нетрудно видеть, что отношение $\frac{O_1}{O_2}$ равно той же величине K , так как на стр. 11 уже говорилось, что площадь поперечного сечения при проходе через валки уменьшается во столько же раз, во сколько длина полосы увеличивается. Таким образом:

$$K = \frac{O_1}{O_2},$$

а поэтому коэффициентом вытяжки называется также *отношение площади поперечного сечения заданной полосы к площади поперечного сечения полученной полосы*.

Пусть например:

площадь поперечного сечения заданной полосы

$$O_1 = 90\,000 \text{ кв. мм.}$$

и площадь поперечного сечения полученной полосы

$$O_2 = 60\,000 \text{ кв. мм.,}$$

тогда

$$K = \frac{90\,000}{60\,000} = 1,5.$$

Так как делимое равно делителю, умноженному на частное, то из выражения:

$$\frac{O_1}{O_2} = K$$

получаем:

$$O_1 = O_2 \cdot K,$$

т. е. сечение ручья равно сечению соседнего меньшего ручья, умноженному на коэффициент вытяжки.

Из того же выражения, так как делитель равен делимому, разделенному на частное, получаем:

$$O_2 = \frac{O_1}{K},$$

т. е. сечение ручья равно сечению соседнего большего ручья, деленному на коэффициент вытяжки.

Практикой установлено, что коэффициент вытяжки не следует брать больше 2. При большой вытяжке всегда можно опасаться разрыва металла. Впрочем, рванины и трещины чаще получаются не из-за большого коэффициента вытяжки, а от неравномерной вытяжки в разных частях прокатываемого профиля. Это особенно часто случается при неудачной калибровке валков для фасонных профилей. Рванины и трещины часто также являются результатом

большого содержания серы в металле, неоднородности и плохой раскисленности¹ металла.

Если не принимать во внимание уширение металла, которое на самом деле невелико, то для определения вытяжки можно заменить отношение площадей сечений отношением толщины заданной и полученной полос, т. е.

$$K = \frac{T_1}{T_2}.$$

Как и выше, делимое равно делителю, умноженному на частное, а поэтому

$$T_1 = T_2 \cdot K,$$

т. е. толщина заданной полосы равна толщине полученной полосы, умноженной на коэффициент вытяжки (если не принимать во внимание уширения).

И снова, так как делитель равен делимому, разделенному на частное, то

$$T_2 = \frac{T_1}{K},$$

т. е. толщина полученной полосы равна толщине заданной полосы, разделенной на коэффициент вытяжки.

Толщина болванки и диаметр валков.

Из условий прочности валков практика вывела, что глубина выреза для ручья не должна превышать $\frac{1}{6}d$, где d — диаметр валков в ребордах. Из этого следует, что диаметр тела валка в глубине выреза должен быть не меньше

$$d - \frac{1}{3}d = \frac{2}{3}d,$$

а высота ручья, т. е. толщина полосы после прохода через ручей T_2 , должна быть не больше $\frac{1}{3}d$ или $0,33 d$.

Если например диаметр реборд у валка $d = 600$ мм, то глубина вырезов в одном валке не может быть больше $\frac{1}{6} \cdot 600 = 100$ мм, диаметр тела валка не может быть меньше

¹ Жидкая сталь незадолго до выпуска ее из плавильных печей всегда содержит закись железа, вредно влияющую на свойства стали (дает рванины и трещины в ковке и прокатке). Поэтому перед самым выпуском ее раскисляют, вводя в печь добавочные материалы: ферромарганец и ферросилиций. Эти "присадки" уничтожают закись железа в стали и тем улучшают ее свойства.

ше $\frac{2}{3} \cdot 600 = 400$ мм, а высота ручья не может быть больше $\frac{1}{3} \cdot 600 = 200$ мм.

Практика выработала также, что наибольшая толщина болванки или полосы T_1 , которую можно прокатывать в валках данного диаметра, должна быть не больше $0,5 d$. Соображения же о наибольшей допустимой глубине выреза в валках $= \frac{1}{6} d$, с одной стороны, и о предельном угле захвата $a = 32^\circ$, с другой,— заставляют брать наибольшую толщину болванки $T_1 = 0,44 d$. Следовательно, чем толще прокатываемая болванка, тем больше должны быть диаметры валков у стана.

Например в валках с диаметром $d = 1000$ мм можно катать болванку с предельной толщиной $T_1 = 0,44 \times 1000 = 440$ мм.

Обыкновенно болванку не катают в валках предельного диаметра для данной толщины. Это было бы невыгодно, так как замедляло бы прокатку, не позволяя дать достаточной вытяжки.

Действительно, при прокатке болванки предельной толщины для данных валков получается вытяжка

$$K = \frac{T_1}{T_2} = \frac{0,44d}{0,33d} = 1,33.$$

Если же в валках того же диаметра катать болванку меньшей толщины, то при одинаковом обжатии вытяжка будет большей.

Это ясно из следующего примера.

Пусть через валки с диаметром $d = 600$ мм пропускается болванка предельной толщины, т. е.

$$T_1 = 0,44d = 0,44 \cdot 600 = 264 \text{ мм.}$$

Пусть вырезы в валках предельные, т. е. толщина полученной полосы

$$T_2 = 0,33d = 0,33 \cdot 600 = 198 \text{ мм,}$$

тогда обжатие

$$T_1 - T_2 = 264 - 198 = 66 \text{ мм,}$$

а вытяжка

$$K = \frac{T_1}{T_2} = \frac{264}{198} = 1,33.$$

Пусть через валки того же диаметра пропускается болванка меньшей толщины, например:

$$T_1 = 200 \text{ мм,}$$

и пусть обжатие то же, что и в первом случае, т. е.

$$T_1 - T_2 = 66 \text{ мм,}$$

следовательно, толщина полученной полосы будет

$$200 - 66 = 134 \text{ мм} = T_2,$$

тогда вытяжка

$$K = \frac{T_1}{T_2} = \frac{200}{134} = 1,49.$$

Если через валки того же диаметра пропускать болванку еще меньшей толщины, то при одинаковом обжатии вытяжка станет еще больше.

Пусть, например,

$$T_1 = 150 \text{ мм,}$$

тогда при $T_1 - T_2 = 66$ мм, $T_2 = 150 - 66 = 84$ мм, а вытяжка

$$K = \frac{T_1}{T_2} = \frac{150}{84} = 1,80.$$

Из сказанного ясно, что для ускорения прокатки (большая вытяжка) надо обжимать болванки на более крупных станах и избегать прокатки в валках предельного диаметра для данной толщины прокатки. Чем тоньше болванка, тем быстрее будет идти прокатка ее в валках данного диаметра.

Обжатие полосы ($T_1 - T_2$), прокатываемой в одном стане в несколько пропусков, обыкновенно не бывает одинаковым во всех ручьях. По мере приближения полосы к окончательному размеру и профилю разница между T_1 и T_2 становится все меньшей. Причиной этого непостоянства обжатия является, во-первых, уменьшение пластичности металла при его остывании, о чем уже говорилось на стр. 7 и 8, во-вторых, увеличение уширения металла при низких температурах (о чем будет сказано ниже в главе об уширении) и, в связи с этим, искажение профиля.

Вместе с изменением величины обжатия в одном и том же стане меняются углы захвата a и коэффициенты вытяжки K . В большинстве случаев обе эти величины постепенно уменьшаются. Коэффициент вытяжки уменьшается от 2 до 1,04. Только при прокатке в обжимных станах болванок предельной толщины для данного диаметра валков, наи-

большая вытяжка для первого ручья 1,33 (см. стр. 16), несколько возрастает в следующих ручьях для ускорения прокатки. В подготовительные ручьи полоса обыкновенно поступает значительно тоньше предельной. Полоса сразу получает большую вытяжку, которая постепенно уменьшается по направлению к чистовым ручьям. Такое же постепенное уменьшение коэффициента вытяжки происходит в чистовых или отделочных ручьях.

Вернемся к табл. 1 на стр. 8, показывающей, как с понижением температуры уменьшается пластичность металла. Если в последовательном ряде ручьев уменьшать коэффициенты вытяжки в той же мере, в какой уменьшается пластичность металла, то для коэффициентов вытяжки получится ряд, сходный с последним столбцом табл. 1.

Действительно, не делая большой ошибки, можно принять, что каждой температуре (табл. 1) соответствует один ручей. Иными словами, температура металла в первом ручье 1200° , во втором — 1150° и т. д., в девятом — 800° . Тогда прокатка ведется в 9 ручьях, и температуры начала и конца прокатки равны 1200° и 800° . При таком допущении оказывается, что числа, помещенные в последнем столбце табл. 1, представляют как раз коэффициенты вытяжки в последовательных ручьях.

Как уже указывалось на стр. 8, числа эти представляют ряд, в котором любые два соседние числа отличаются одно от другого на 0,07.

Ряд последовательных чисел, в котором два соседние числа отличаются друг от друга на одно и то же число, называется *арифметической прогрессией*. Числа, входящие в прогрессию, называются ее членами, а то число, на которое разняются два соседние члена, называется разностью прогрессии.

В приведенном случае прогрессия имеет 9 членов, а разность прогрессии = 0,07.

Коэффициенты вытяжки увеличиваются от ручья к ручью на 0,07, считая от последнего ручья к первому.

На стр. 14 указывалось, что площадь сечения каждого ручья получается умножением площади соседнего меньшего ручья на соответствующий коэффициент вытяжки.

В рассматриваемом случае сечение 8-го ручья равно сечению 9-го ручья, умноженному на 1,07; таким же образом сечение 7-го ручья равно сечению 8-го ручья, умноженному на 1,14 и т. д. Следовательно, вообще по известному окончательному сечению, числу ручьев и разности прогрессии можно получить сечения всех последовательных ручьев.

Приведенная выше прогрессия представляет коэффициенты вытяжки для случая, когда наибольший коэффициент вытяжки (в 1-м ручье) взят 1,56 и число ручьев (число членов прогрессии) равно 9. Но можно найти коэффициенты вытяжки для всех ручьев и в том случае, если строить калибровку в меньшем числе ручьев или если для наибольшего коэффициента вытяжки взять не 1,56, а другое число (оно не должно превышать 2, как указано на стр. 14).

Нетрудно догадаться, как надо находить разность прогрессии, когда известны первый и последний ее члены и число членов. В приведенном примере крайние члены прогрессии 1 и 1,56 и число членов — 9. Разность между крайними членами, т. е.

$$1,56 - 1 = 0,56,$$

надо разделить поровну на число промежутков между девятью членами, т. е. на 8 (число членов прогрессии без одного). Действительно:

$$\frac{0,56}{8} = 0,07.$$

Для примера найдем коэффициенты вытяжки для калибровки в 11 ручьев при наибольшем коэффициенте вытяжки 1,9.

Разность прогрессии будет:

$$\frac{1,9 - 1}{11 - 1} = \frac{0,9}{10} = 0,09,$$

и коэффициенты вытяжки в последовательных ручьях будут: 1,09; 1,18; 1,27; 1,36; 1,45; 1,54; 1,63; 1,72; 1,81 и 1,90.

На практике по разным соображениям не всегда пользуются указанным порядком изменения коэффициентов вытяжки в последовательных ручьях по прогрессии. Например в чистовых квадратных и круглых ручьях, как будет указано ниже, ручьи делают ходовых размеров и в целых миллиметрах. Однако следует всегда проверять, не превышают ли коэффициенты вытяжки, найденные на основании практических соображений, полученных по прогрессии коэффициентов вытяжки в соответствующих ручьях.

Скорость прокатки и подразделение станов.

Как уже говорилось, чем выше температура болванки, тем пластичнее металл. Нагретая болванка, вытянутая из печи, поступает к обжимному стану. На этом стане ее стараются как можно сильнее и скорее обжать, чтобы наилуч-

шим образом использовать пластические свойства металла, пока он не остыл. Валы у обжимного стана имеют больший диаметр, чем у подготовительного и чистового станов. Валам большого диаметра дают обыкновенно малое число оборотов в минуту. Поэтому, чтобы не затягивать прокатку, следует в обжимном стане давать по возможности большие обжатия. А из этого следует, что не надо задавать в обжимные валы болванки предельной толщины. Так как болванка и обжатая на обжимном стане полоса имеют сравнительно небольшую длину, то особо большой скорости вращения для прокатных валков этого стана и не требуется. Чрезмерная скорость вращения была бы даже вредна, так как получились бы сильные удары, разрушительно действующие на станы, и кроме того это вызвало бы далекое выбрасывание короткой полосы и задержку в обратной подаче ее в валки.

После обжимного стана полоса передается на подготовительный стан с меньшим диаметром валков, но с большим числом оборотов в минуту. Подготовительный стан должен давать полосе всю ту вытяжку, какую допускают мощность двигателя, температура металла и профиль полосы. Сечение полосы, поступающей на подготовительный стан, имеет грубо квадратную или прямоугольную форму, так как задача обжимного стана состоит лишь в быстром уменьшении сечения болванки. Выходящая же из подготовительного стана полоса обычно имеет уже профиль, приближающийся к профилю конечного продукта. Число оборотов валков подготовительного стана должно быть как можно больше, чтобы тонкая и длинная полоса прокатывалась быстро. Эта быстрота тем более необходима, что тонкая полоса стынет гораздо быстрее, чем толстая, так как с уменьшением сечения полосы увеличивается отношение ее поверхности к объему и теплоте легче излучаться. Здесь верна в прямом смысле пословица „куй железо пока горячо“.

Валки чистового или отделочного стана, где полоса уже приобретает заданные профиль и размеры, имеют обычно еще меньшие диаметры и еще большее число оборотов. Большое число оборотов здесь необходимо по той же причине, что и для подготовительного стана, но влияние ее оказывается в еще большей степени.

В старых прокатных цехах строили обжимной, подготовительный и отделочный станы в одну линию, т. е. соединяли всем валкам одно и то же число оборотов. Такое устройство, конечно, неразумно: если валкам придать число

оборотов, отвечающее хорошей работе одной клети, то другие клети будут работать в неудовлетворительных условиях. Поэтому в новых установках станы располагают в несколько линий. В каждой линии свои диаметры валков и свое число оборотов, отвечающие наилучшей работе каждого стана. При таком расположении можно в каждом стане вести наивыгоднейшую калибровку, выбирая для каждого ручья наибольшие коэффициенты вытяжки, допускаемые размерами валков, профилем полосы, температурой металла и мощностью двигателя.

Приведенная ниже таблица дает коэффициенты вытяжки, выработанные практикой для различных профилей и валков.

Таблица 2.

Коэффициенты вытяжки.

Профиль	Валки	Коэффициент вытяжки
Сортовая сталь (круглая, квадратная, полосовая)	Плоские	от 1,3 до 1,9
	Обжимные Квадр. и овальн. . .	" 1,2 " 1,8
	Стрельч. и ромбич. . .	" 1,4 " 1,6
	Подготовительные	" 1,14 " 1,15
Фасонная сталь	Чистовые	" 1,14 " 1,15
	Обжимные	от 1,2 до 1,85
	Подготовительные для L, T, I, Z и т. п. . .	" 1,2 " 1,3
	Чистовые	" 1,3 " 1,4

Уширение.

Выше уже упоминалось, что при прокатке кроме обжатия и вытяжки металл получает еще так называемое *уширение*. Эта деформация металла, вообще говоря, есть явление нежелательное для прокатчика и калибровщика, так как величина этой деформации трудно поддается учету. Однако с ней приходится считаться.

Если вести прокатку не в замкнутых ручьях, а в гладких валках, то получается так называемое „свободное уширение“, не стесненное ребордами. После нескольких пропусков через валки из квадрата получается полоса с выпуклыми закругленными гранями, как показано на рис. 6.

Очень часто при этом на закругленных поверхностях полосы получаются рванины. Если нужно прокатать полосу правильного (прямоугольного) сечения, то ее пропускают не через гладкие валки, а через замкнутый ручей. При этом уширение будет не свободное, и металл примет форму ручья. На рис. 7 слева изображен прямоугольный ручей для получения полосовой стали. Вторая фигура того же рисунка изображает сечение полосы, пропущенной через этот ручей в случае, когда заданная полоса недостаточно широка (получились невыполненные углы). Третья фигура изображает сечение полосы, пропущенной через тот же ручей в случае, когда заданная полоса слишком широка и уширявшийся металл, заполнив весь ручей, выдавливается в зазоры между валками (получается полоса с заусенцами).

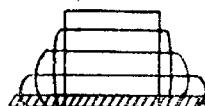


Рис. 6. Уширение полосы при прокатке в гладких валках.

На четвертой фигуре показано сечение полосы при правильном расчете уширения, т. е. когда заданная полоса имела надлежащую ширину. Сечение имеет правильную форму и острые кромки.

Опыт показал, что уширение зависит от следующих условий:

- 1) От давления валков или от обжатия $T_1 - T_2$, причем с увеличением обжатия уширение увеличивается.
- 2) От свойства металла — мягкая сталь дает большее уширение, чем твердая.



Рис. 7. Уширение полосы при прокатке в замкнутом ручье.

Количественная зависимость уширения от этих двух факторов выражается формулами:

для мягкой стали $f = 0.48 (T_1 - T_2)$,
" твердой " $f = 0.36 (T_1 - T_2)$,
где f — уширение и $T_1 - T_2$ — обжатие.

Если например обжатие $T_1 - T_2 = 25$ мм, то уширение для мягкой стали будет

$$f = 0.48 \cdot 25 = 12 \text{ мм},$$

а для твердой

$$f = 0.36 \cdot 25 = 9 \text{ мм}.$$

Так как в одних валках обыкновенно катают твердую и мягкую сталь, то часто при расчетах пользуются формулой

$$f = 0.40 (T_1 - T_2).$$

3) От температуры металла. Уширение металла увеличивается с понижением температуры прокатки. Хорошим доказательством этого служат примеры прокатки угловой стали. На рис. 8 первая фигура представляет профиль уголка, прокатанного при надлежащей температуре, вторая фигура — уголок прокатан слишком горячим (уширение мало и кромки не выполнены), третья фигура — уголок прокатан холодным (уширение велико и уголок выходит с заусенцами).



Рис. 8. Влияние температуры на уширение.

Если заготовка, из которой катают уголок, нагрета неровно и один конец ее холоднее другого, то на полученным уголке можно наблюдать все три примера рис. 8. Иногда даже при равномерном нагреве заготовки, когда катают очень длинную тонкую полосу, передняя часть полосы получается с незаполненными углами, а задняя с заусенцами. Это доказывает, что передний конец, проходивший через валки более горячим, дал меньшее уширение чем задний конец, успевший остить.

4) От толщины прокатанной полосы. Если сообщать одинаковое обжатие тонкой и толстой полосе, то тонкая дает уширение большее, чем толстая.

5) От диаметров валков. Чем больше диаметры валков, тем больше уширение.

В дополнение к приведенным выше пяти условиям, от которых зависит величина уширения, надо заметить, что уширение не зависит от ширины прокатываемой полосы.

II. КАЛИБРОВКА.

Общие замечания о калибровке ручьев.

Выше уже было сказано, что при прокатке полосы в гладких валках металл получает свободное уширение, боковые грани полосы становятся выпуклыми и закруглен-

ными, а на закругленных поверхностях иногда появляются рванины или трещины. Рванины эти получаются вследствие натяжений на выпуклых поверхностях при выдавливании металла. Если металл недостаточно пластичен, то рванины эти не завариваются при дальнейшем обжиме, а, наоборот, раскрываются еще сильнее.

При прокатке в замкнутых ручьях таких рванин не получается; так как стенки ручья сдерживают свободное уширение металла. Если даже рванины почему-либо получились, то при дальнейшей прокатке они легко завариваются вследствие большого бокового давления, несмотря на то что металл и не очень горяч. Особенно боится свободного уширения *красноломкий* металл, содержащий много серы или плохо раскисленный. Такой металл надо обязательно катать в хорошо замкнутых ручьях.

При проектировании ручьев основываются главным образом на предыдущем опыте, т. е. имеют под рукой калибры хорошо работавших валков. Некоторые указания, однако, служат руководством при внесении тех или иных исправлений в калибровку.

Основное правило при калибровке заключается в следующем: *нужно стремиться, чтобы вытяжка металла по всему сечению ручья происходила по возможности равномерно.*

Чем дальше от оси вращающегося прокатного валка отстоит какая-либо точка профиля, тем большей скоростью она обладает. Надо располагать калибры так, чтобы разность скоростей различных точек профиля была бы как можно меньше. Иначе в ручье получится большое трение, что вызовет искривление, а иногда даже разрыв металла.

Нельзя делать сразу резких переходов от толстых мест к тонким кромкам и давать толстым местам большую вытяжку. В этом случае толстые части будут увлекать за собой тонкие кромки, вследствие чего ручей не выполнится металлом, и форма профиля получится неправильной.

Если вытяжка некоторых тонких частей профиля больше вытяжки остального сечения, то получается искривление полосы. Это искривление бывает иногда так велико, что полоса скручивается в спираль.

Вследствие несколько большего охлаждения верхней стороны прокатываемой полосы, металл с этой стороны сокращается раньше, чем с нижней, а потому полоса всегда стремится загнуться кверху. Чтобы воспрепятствовать этому ее стремлению, верхний валок делают диаметром немногим больше нижнего. Тогда верхние части профиля получают

большие скорости и следовательно, большую вытяжку, и полоса перестает кривиться или получает некоторое стремление изогнуться книзу. Это искривление удерживается нижней проводкой. Разница в диаметрах верхнего и нижнего валков называется *верхним давлением*. Величина верхнего давления бывает около 10 мм у сортовых и балочных станов, а у блюмингов доходит до 20 и даже 30 мм.

Боковые стороны ручья никогда не делают строго под прямым углом к оси валка, так как в прямоугольный ручей очень трудно задавать болванку или заготовку без проводок. Кроме того, в таком ручье полоса будет защемляться и может „оковать“ вал, т. е. загнуться вокруг вала. Поэтому боковые стороны ручья делаются с некоторым наклоном, а дно ручья обыкновенно имеет размер, равный толщине задаваемой в него болванки или заготовки. Такой наклон боковых сторон ручья называется *выпуском* (см. рис. 9).

Рис. 9. „Выпуск“ в плоском ручье.

Наклон боковых сторон ручья позволяет кроме того переточить валки после некоторого износа ручьев. При этом можно, уменьшив диаметры валков, оставить прежние размеры ручьев. Если бы ручьи были строго прямоугольными, сохранить прежние размеры ручьев после их износа и переточки было бы невозможно. На рис. 9 прерывистой линией показан ручей после переточки валка. Все размеры ручья остались прежними. Чем больше уклон боковых сторон (бутиков) ручья, тем дольше могут служить одни и те же валки с переточкой.

В чистовых или отделочных ручьях, служащих для окончательной прокатки, уклон не должен быть слишком большим, чтобы не искажать получаемого профиля (например прямоугольника). Обыкновенно для чистовых ручьев уклон делают от 1 до 1,5% от глубины, т. е. на каждые 100 мм глубины ручья отклонение стороны от вертикали 1—1,5 мм. Для подготовительных или черновых ручьев уклон этот составляет 2—4%, а для обжимных ручьев 5—10%.

Типы ручьев.

Ручьи, применяющиеся при горячей прокатке стали, могут быть подразделены следующим образом:

По способу врезания в валки различают *открытые* и *закрытые* ручьи.

Открытыми ручьями называются такие, у которых гребни или бурты ручьев при вращении валков остаются друг над другом. Закрытыми ручьями называются такие, у которых гребни бегут внутри других (см. рис. 10).

По назначению различают:

- 1) обжимные или вытяжные ручьи,
- 2) подготовительные или черновые ручьи,
- 3) отделочные или чистовые ручьи.

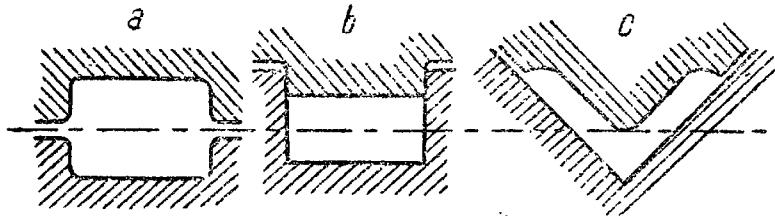


Рис. 10. Открытые (а) и закрытые (б и с) ручьи.

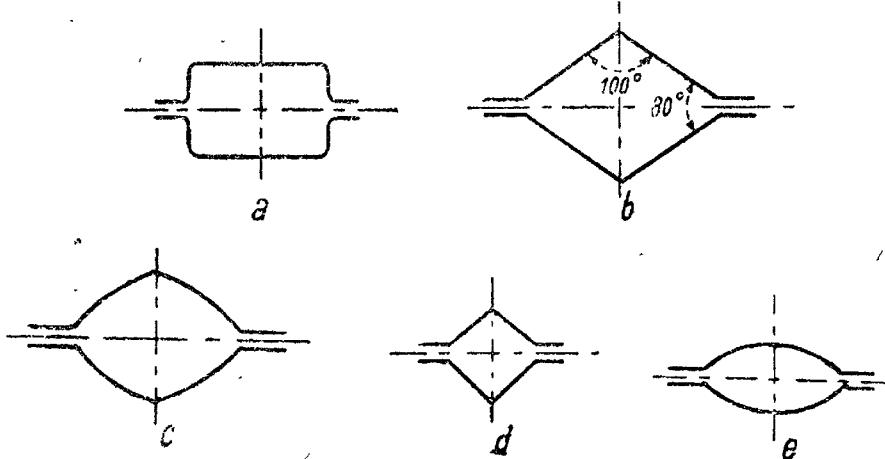


Рис. 11. Форма обжимных ручьев: а — плоский, б — ромбический, с — стрельчатый, д — квадратный, е — овальный.

Обжимные ручьи по форме бывают: плоские, ромбические, стрельчатые, квадратные и овальные (см. рис. 11).

Подготовительные ручьи имеют форму, приближающуюся к окончательному профилю. Так для самых простых профилей — круглого, квадратного и полосового — подготовительные ручьи бывают: плоские (открытые и закрытые), многогранные, овальные и квадратные. Для фасонных профилей и подготовительные ручьи — фасонные.

Отделочные ручьи имеют форму заданного профиля.

Расположение ручьев.

Ручьи одной пары валков располагают в ряд таким образом, чтобы все центры тяжестей сечений ручьев лежали на одной горизонтальной прямой, называемой *средней линией ручьев*. Средняя линия ручьев всегда параллельна осям валков и проходит на 3—5 мм ниже *средней линии валков* или *линии прокатки*. Последняя представляет прямую, также параллельную осям валков и проходящую посередине между ними.

Из этого ясно, что для определения положения ручьев необходимо уметь определять центры тяжестей этих ручьев. Для простых и симметричных профилей, как например круглых, квадратных, ромбических, овальных, стрельчатых, прямоугольных, найти центр тяжести легко, так как он совпадает с геометрическим центром сечения (в круге — центр круга, в квадрате, ромбе, прямоугольнике, стрельчатом ручье — точка пересечения диагоналей, в овале — точка пересечения осей овала). В более сложных профилях, как например угольник, швеллер и т. д., нахождение центра тяжести сечения сложнее.

Есть один практический прием, при помощи которого можно с достаточной степенью точности найти центр тяжести любого сечения. На металлической пластинке вычерчивают профиль, центр тяжести которого требуется найти. Вырезают из пластины вычерченный профиль. Намечают на вырезанном профиле произвольную точку и подвешивают профиль так, чтобы выбранная точка была точкой привеса. Когда установилось равновесие, проводят по профилю отвесную прямую через точку привеса. Затем, выбрав другую произвольную точку на профиле, подвешивают его, приняв эту точку за точку привеса, и снова проводят отвесную прямую через новую точку привеса. Точка пересечения двух указанных прямых представляет центр тяжести профиля.

Ручьи обжимных станов.

Слитки, отливаемые для прокатки, бывают по размерам весьма разнообразны. Размеры эти зависят как от сорта прокатываемого металла, так и от прокатных устройств. Размеры эти обычно колеблются в пределах от 100×100 мм до 600×600 мм в поперечном сечении. Крупные слитки имеют преимущества перед мелкими: во-первых потому, что крупные слитки дают более низкий процент обрезков, удешевляющих продукцию, а во-вторых прокатка из крупных слитков связана с большим обжимом металла, что улучшает качество последнего.

По этим соображениям хорошо оборудованные заводы

начинают прокатку всегда с крупных слитков (например 600×600 мм): обжимают их на блюминге¹ до меньших размеров (обыкновенно не меньше чем 100×100 мм), режут полученные полосы на заготовки, из которых затем уже прокатывают требуемый размер и профиль. При прокатке рельсов, балок и крупных фасонных профилей обжатая на блюминге полоса без разрезки и без вторичного подогрева поступает прямо на крупносортный стан.

Прежде на блюмингах применяли гладкие валки, оси которых могли сближаться. На таком блюминге прокатка ведется с *кантованием* (поворотом) болванки на 90° после каждого пропуска. При этом можно получить заготовку с сечением любого размера. Однако блюминг с гладкими валками имеет серьезные недостатки. Часто, после обжима в гладких валках, сечение болванки вместо прямоугольного получается ромбическим. При дальнейшей прокатке такой болванки в гладких валках сечение ее не может быть исправлено ни в прямоугольник, ни в квадрат. Кроме того при сильных обжатиях слиток, не удерживаемый ребордами, может получить искривление по спирали („осетер“). Поэтому в настоящее

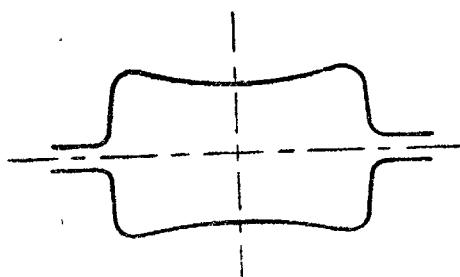


Рис. 12. Ручей блюминга.

время на блюминге почти всегда ставят валки с ручьями. **Плоские ручьи.** Ручьи блюминга — плоские открытые, как изображено на рис. 12.

Боковые стороны ручья имеют наклон („выпуск“), а дно ручья делается выпуклым. Болванка, вышедшая из такого ручья, устойчива на рольганге. Блюминги обычно бывают станами дуореверсивными. Диаметры валков блюминга от 850 до 1200 мм. Верхний валок блюминга может подыматься и опускаться на величину от 100 до 350 мм. Болванку начинают катать при поднятом верхнем валке, а затем после каждого пропуска болванки валок опускают на величину обжатия. Таким образом, в одном ручье болванка прокатывается несколько раз, пока верхний валок не примет нормального положения. Обыкновенно кантование на 90° производится через каждые четыре, два или один пропуск.

¹ Блюминг — прокатный стан для обжима крупных слитков.

Число ручьев в блюминге обыкновенно 6—7, кроме фасонного ручья, подготовительного для прокатки балок.

Рис. 13 изображает валки блюминга, а таблица 3 представляет пример обжима на блюминге болванки сечением 500×500 мм в заготовку 100×100 мм.

Для получения заготовки сечением меньше чем 100×100 мм применяют более легкие обжимные станы с плоскими, ромбическими или стрельчатыми ручьями. У валков таких обжимных станов диаметр равен от 650 до 450 мм, причем стани эти чаще бывают трио.

Ромбические ручьи. Ромбом называется четырехугольник с равными сторонами, у которого углы, в отличие от квадрата, не прямые, а два тупые и два острые.

В ромбических ручьях прокатка идет с поворотом полосы на 90° после каждого пропуска. Ромбический ручей при такой же площади, как у плоского, врезается в валки значительно глубже, так как врезается диагональю, ¹ а не стороной. Диагональ квадрата примерно на 40%

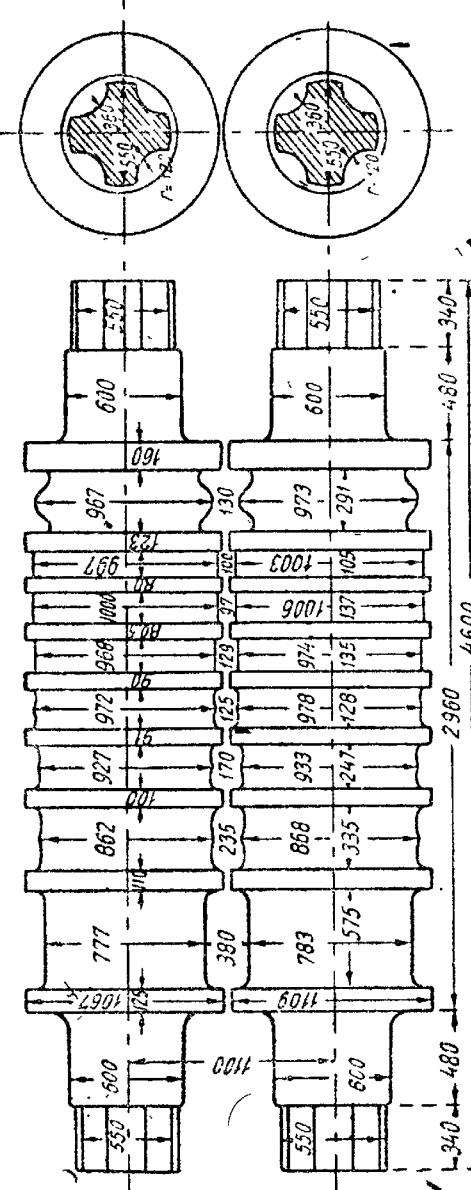


Рис. 13. Валки блюминга.

¹ Диагональю называется прямая, соединяющая две несоседние вершины углов фигуры.

Таблица 3.
Пример прокатки на блюминге.¹

	I-й	II-й	III-й	IV-й	V-й	VI-й	VII-й
Высота ручья	320	335	355	370	385	400	415
Ширина ручья	500	485 × 500	435 × 500	375 × 500	320 × 375	275 × 320	235 × 275
Пропуск. Болванка	320	320	320	320	320	320	320
1	320	320	320	320	320	320	320
2	320	320	320	320	320	320	320
3	320	320	320	320	320	320	320
4	320	320	320	320	320	320	320
5	320	320	320	320	320	320	320
6	320	320	320	320	320	320	320
7	320	320	320	320	320	320	320
8	320	320	320	320	320	320	320
9	320	320	320	320	320	320	320
10	320	320	320	320	320	320	320
11	320	320	320	320	320	320	320
12	320	320	320	320	320	320	320
13	320	320	320	320	320	320	320
14	320	320	320	320	320	320	320
15	320	320	320	320	320	320	320
16	320	320	320	320	320	320	320
17	320	320	320	320	320	320	320
18	320	320	320	320	320	320	320
19	320	320	320	320	320	320	320

¹ Уширение не принято во внимание.

больше его стороны. Поэтому ромбический ручей ослабляет прочность валка значительно больше, чем плоский ручей, и, следовательно, при данном диаметре валков в плоских ручьях можно прокатывать болванки больших размеров, чем в ромбических. Если предельной толщиной болванки для плоских ручьев было $T_1 = 0,44d$ (см. стр. 16), то для ромбического ручья эта толщина только $T_1 = 0,15d$, где d — диаметр валков.

Валки с ромбическими ручьями не могут быть раздвижными и, следовательно, в одном ручье нельзя давать болванке несколько пропусков. Поэтому обжимные валки с ромбическими ручьями не могут быть использованы так экономно, как с плоскими.

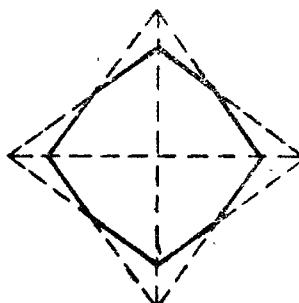


Рис. 14. Заготовка, полученная из ромбического ручья (два пропуска с поворотом на 90°).

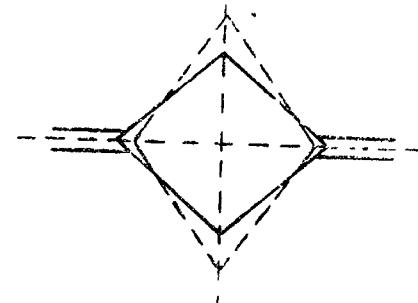


Рис. 15. Прокатка в ромбических ручьях.

Вот почему ромбические ручьи, хотя и применяются как обжимные, но не для прокатки самых крупных болванок, т. е. они не применяются в блюмингах.

Обычно ромбы проектируются с верхним и нижним углами в 100° и с боковыми в 80° .

Если полосу, вышедшую из какого-либо ромбического ручья, повернуть на 90° и пропустить в тот же ручей, то получим восьмиугольный профиль, очень близкий к квадрату, как показано на рис. 14.

При охлаждении такой восьмигранной заготовки, грани утягиваются внутрь, и получается почти точный квадрат. Поэтому ромбические ручьи очень удобны для получения из обжимного стана квадратной заготовки для дальнейшей прокатки. Обыкновенно ряд ромбических ручьев с постепенно уменьшающимися площадями строят так, чтобы ширина каждого ручья была несколько больше высоты пре-

дыущего ручья. Перед каждым пропуском полосу поворачивают на 90° , и полоса всегда имеет место для уширения.

На рис. 15 сплошными линиями показан ромбический ручей, а пунктиром полоса, вышедшая из предыдущего ручья и перекантованная на 90° .

Стрельчатые ручьи. Как видно на рис. 11, с стрельчатый ручей напоминает ромбический и отличается от последнего тем, что стороны его не прямые линии, а дуги круга. Ясно, что при одинаковых диагоналях площадь стрельчатого ручья будет больше площади ромбического (вследствие выпуклости сторон). Поэтому при одинаковых площадях поперечных сечений полос стрельчатые ручьи менее глубоко врезаются в валок вертикальной диагональю. Следовательно, стрельчатые ручьи выгоднее применять в обжимных валках,

чем ромбические, так как они меньше ослабляют прочность валков.

Стрельчатые ручьи строятся на основании следующего:

1) Отношение длины вертикальной диагонали к длине горизонтальной равно 7:8.

2) Длина горизонтальной диагонали каждого ручья равна длине вертикальной диагонали предыдущего большего ручья.

3) Радиусы дуг,

которыми ограничен ручей, по длине равны горизонтальной диагонали данного ручья.

4) Центры, из которых вычерчиваются дуги, ограничивающие ручей, получаются пересечением дуг, вычерченных из двух соседних вершин ручья, как из центров, радиусом, равным длине горизонтальной диагонали.

Построение стрельчатого ручья показано на рис. 16.

Горизонтальная диагональ AB разделена на восемь равных частей. Вертикальная диагональ CD построена равною семи таким частям (от середины горизонтальной диагонали отложено вверх и вниз по вертикали по 3,5 части). Получены точки C и D . Из точек A и D , как из центров, сделана засечка радиусом, равным AB , — получена точка M_1 . Точка M_1 есть центр для вычерчивания дуги AD . Подобным же

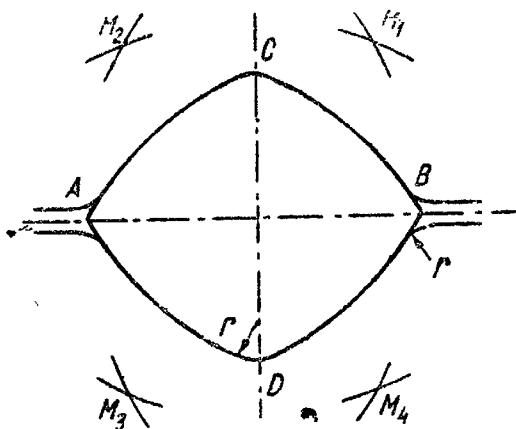


Рис. 16. Построение стрельчатого ручья.

образом найдены центры M_2 , M_3 и M_4 для вычерчивания дуг BD , BC и AC . Для построения следующего меньшего ручья берут длину вертикальной диагонали построенного ручья CD и откладывают ее как горизонтальную диагональ нового ручья. Делят эту горизонтальную диагональ на восемь равных частей, откладывают семь полученных частей по вертикали, проходящей через средину горизонтальной диагонали, вверх и вниз по 3,5 и т. д. поступают по предыдущему. У вершин делают закругления профиля ручья радиусом $r = 0,1 AB$, как показано на рис. 16.

Если, например, горизонтальная диагональ ручья $= 110$ мм, то радиусы закруглений будут $r = 0,1 \cdot 110 = 11$ мм; зазоры между валками делают обычно от 3 до 7 мм.

Преимущество стрельчатых калибров перед ромбическими заключается еще в том, что в них полоса получает более тупые ребра, которые меньше стынут, так что охлаждение получается более равномерным. В стрельчатых калибрах, кроме того, менее вероятно образование заусенцев. Недостаток же стрельчатых ручьев — более легкое свертывание полосы, чем при ромбах или плоских калибрах. Прокатку в стрельчатых калибрах ведут, как и в ромбических, с поворотом полосы на 90° после каждого пропуска. Для того случая, когда прокатка ведется в валках трио, как это чаще всего бывает, порядок последовательности прокатки в ручьях показан пунктирной линией на рис. 17.

В последнем ручье, из которого выпускают заготовку, ее пропускают два раза с поворотом на 90° , чтобы получить приблизительно одинаковые диагонали. Если же желают получить заготовку с квадратным сечением, то после стрельчатых ручьев применяют ромбические. Если толщина болванки невелика, то можно обойтись без стрельчатых ручьев и вести прокатку только в ромбах. Но, например, при валках диаметром 600 мм уже трудно катать в ромбах болванку толще 90 мм, так как получаются слишком боль-

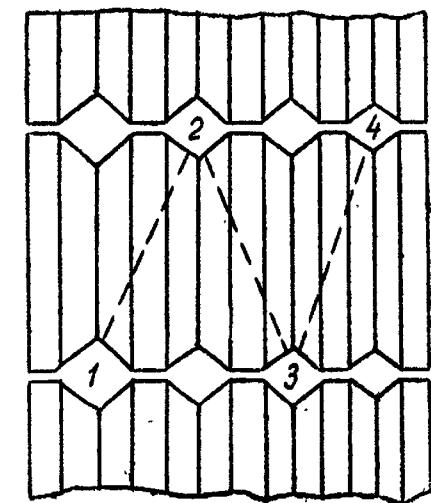


Рис. 17. Последовательность прокатки в стрельчатых ручьях стана трио.

шие врезы в валки. В этом случае прибегают к стрельчатым ручьям, а при еще более толстой болванке — к плоским ручьям, как у блюминга.

Система ручьев овал — квадрат или овал — ромб. Практика показала, что применение чередующихся ручьев овал — квадрат или овал — ромб ускоряет прокатку, так как при такой калибровке получается энергичная вытяжка. Этим объясняется широкое применение в последнее время такой системы в обжимных и подготовительных станах для прокатки мелкосортного и среднесортного железа, где быстрота прокатки играет важную роль вследствие быстрого охлаждения полосы.

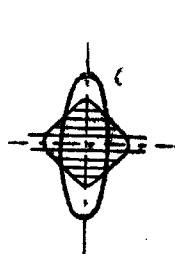


Рис. 18. Деформация металла при переходе от квадрата к овалу.

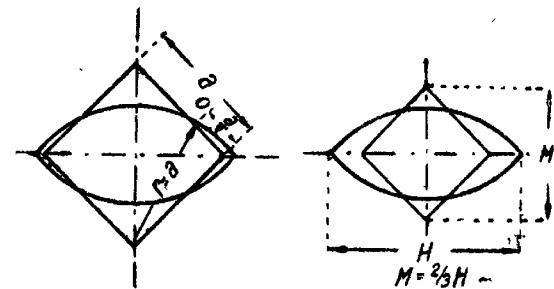


Рис. 19. Построение овала по соседнему большему квадрату и квадрата по соседнему большему овалу.

ждения тонких прутков. Овальный ручей дает полосе большое уширение, а квадрат или ромб дает овалу большую вытяжку. В обоих случаях можно давать большое обжатие. Указанное чередование ручьев хорошо предотвращает появление трещин в ребрах полосы, так как при переходе от квадрата или ромба к овалу углы квадрата или ромба переходят в погодные грани овала, а грани квадрата или ромба получают свободное уширение и образуют углы овала. В следующем квадратном или ромбическом ручье углы овала испытывают вертикальное давление, а погодные грани овала образуют углы у концов горизонтальной диагонали квадрата или ромба. На рис. 18 показано, какие деформации претерпевает полоса при переходе от квадрата к овалу.

Построение овала по соседнему большему квадрату показано на рис. 19 слева, а построение квадрата по соседнему большему овалу — на том же рисунке справа.

Первое построение состоит в том, что радиус овала r

равен стороне квадрата a и дуга овала проходит через точку o стороны квадрата, отстоящую на расстоянии $\frac{1}{3}a$ от вершины.

Второе построение — диагональ квадрата M равна $\frac{2}{3}$ ширины овала H . При этом построении ширина овала приблизительно в два раза больше высоты. При такой калибровке сечение профиля от ручья к ручью уменьшается на 30%, и получается коэффициент вытяжки $K=1,43$.

В последнее время калибровка по системе овал — квадрат ведется еще смелее. Отношение ширины к высоте овала берут 3 и даже 3,5, т. е. применяют более сплюснутые овалы. При таких овалах сечение от ручья к ручью уменьшается в первом случае приблизительно на 40%, а во втором — на 50%. Коэффициенты вытяжки при этом доходят: в первом случае до

$$K=1,7$$

и во втором до

$$K=2.$$

Впрочем последняя цифра для величины коэффициента вытяжки применяется уже не для обжимных ручьев, а для подготовительных, когда сторона квадрата меньше 25 мм. При больших квадратах приходится считаться с большими вытеснениями объема металла, и потому таких уменьшений сечения, как 50%, не допускают.

Овальные ручьи больших размеров часто заменяют сплюснутыми шестиугольниками, как показано на рис. 20

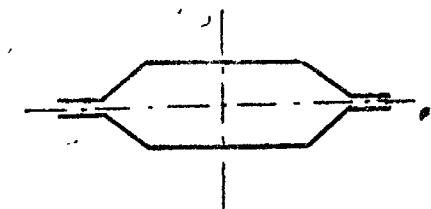


Рис. 20. Сплюснутый шестиугольник, заменяющий крупный овальный ручей.

Ручьи подготовительных или черновых станов.

Для квадратного и круглого железа подготовительные ручьи обычно калибруют по системе овал — квадрат, построение которых производится так же, как и для обжимных станов. При размерах стороны квадрата от 20 до 25 мм применяют так называемые „быстроходные“ валики с уменьшением сечения между ручьями на 50% ($K=2$). При более крупных квадратах применяют меньшие коэффициенты вытяжки по причинам, указанным выше. Если размеры стороны квадрата меньше 20 мм, то коэффициенты вытяжки тоже применяют меньшие, так как при малых сечениях быстро падает температура и уменьшается пластичность металла.

Подготовительные ручьи для полосового железа и для фасонных профилей строятся в зависимости от чистового профиля, а потому общих указаний о построении этих ручьев здесь дано не будет.

Отделочные или чистовые ручьи.

Отделочные ручьи имеют форму, представляющую почти точную копию с профиля прокатываемого железа. Последний ручей должен иметь размеры несколько большие, чем прокатываемый профиль, на величину усадки металла при охлаждении от температуры конца прокатки (около 800°) до нормальной. Обыкновенно линейные размеры последнего ручья получают из размеров прокатываемого профиля умножением этих размеров на 1,015. Этим вносится достаточно точная поправка на усадку металла (ошибка не превышает десятых долей процента). Кроме того, при охлаждении полосы после окончания прокатки некоторые профили изменяют свою форму. Это изменение формы нужно учитывать, искажая профиль последнего ручья настолько, чтобы полоса после охлаждения приняла требуемый профиль. Здесь нельзя дать какие-либо общие указания и приходится рассматривать поправки для каждого профиля отдельно.

Квадратные отделочные ручьи. Крупные сорта квадратного железа, со стороной квадрата больше 40 мм, катаются без проводок. Через последний ручей полоса проходит дважды с поворотом на 90° перед последним пропуском.

Мелкие сорта, со стороной квадрата от 5 до 40 мм, катают в проводках. Предпоследний ручей — ромбический.

Углы при вершинах отделочного ручья A и B несколько больше 90° , а именно равны от $90\frac{1}{2}^{\circ}$ до $91\frac{1}{2}^{\circ}$. Практически ручей строят так, чтобы горизонтальная диагональ была длиннее вертикальной на 1 мм. Вертикальная же диагональ вычисляется как

$$1,41 \cdot a,$$

где a — сторона квадрата.

Когда ромб таким образом построен (см. рис. 21), то от

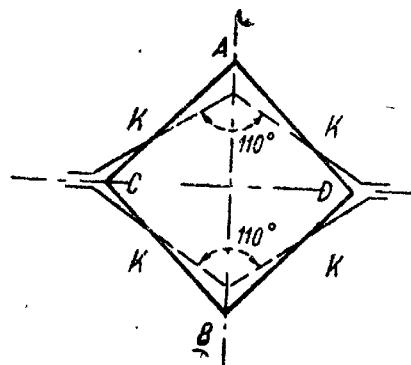


Рис. 21. Построение отделочного квадратного ручья (1-й способ).

его боковых вершин C и D откладывают на сторонах отрезки, равные $\frac{1}{3}$ стороны ромба. В обе стороны от полученных точек K производят уширение ручья. Уширение это может быть сделано двумя способами. Один способ показан на рис. 21. Через точки K проводят прямые, пересекающие под углом 110° . Выступающие за ромб отрезки этих прямых образуют уширение ручья. Второе построение уширения показано на рис. 22. Ромб построен как и выше с углами при вершинах A и B , равными от $90\frac{1}{2}^{\circ}$ до $91\frac{1}{2}^{\circ}$.

От точки A и B по сторонам ромба отложены отрезки AC и BD , равные отрезку AO . В точках C и D восстановлены перпендикуляры¹ к сторонам ромба. Из точек M , находящихся от C и D на расстояниях, равных длине стороны ромба, как из центров, описываются дуги радиусом, равным той же длине стороны ромба. Эти дуги завершают построение уширенного ромба. Зазор между валками делается $c =$ от 1 до 3 мм в зависимости от величины квадрата.

При калибровке квадратного железа руководствуются тем, чтобы иметь возможность заканчивать прокатку не только в последнем ручье, но и в промежуточных, получая железо различных заданных размеров.

Уменьшение сторон квадрата в двух соседних ручьях для различных размеров приведено в табл. 4.

Следует заметить, что при прокатке каждого сорта нет надобности пропускать полосу через все последовательные ручьи. Можно прокатывать полосу с пропусками через один, а в начале прокатки и через два ручья, конечно, если при этом не будут превзойдены допускаемые коэффициенты вытяжки. Например для получения квадрата 150×150 мм из заготовки 200×200 мм можно ограничиться следующими ручьями: 191, 188, 179, 170, 164, 158, 152 (2 раза) или даже 191, 182, 173, 164, 158, 152.

¹ Перпендикулярами прямыми называются такие, которые пересекаются под прямым углом (90°).

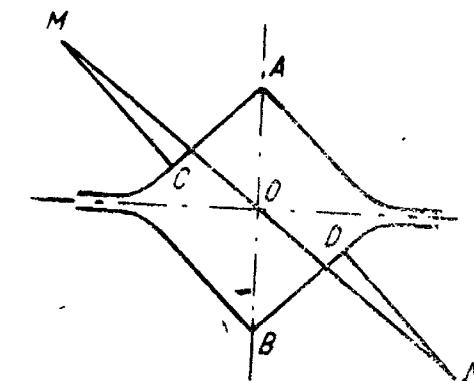


Рис. 22. Построение квадратного отделочного ручья (2-й способ).

Таким образом при калибровке чистовых квадратных ручьев совершенно не пользуются прогрессией для вычисления коэффициентов вытяжки.

Таблица 4.

Уменьшение сторон квадрата в двух последовательных ручьях.

Квадраты в мм	Уменьшение сторон в мм
до 25	0,5
25—50	1
50—80	2
80—120	3
120 и выше	5

$= 1,02 d$ и вертикальную ось $b = 1,01 d$.

Такая овальность последнего ручья для круглого железа объясняется следующим образом: когда полоса овального сечения из предотделочного ручья задается в отделочный ручей, то верхняя и нижняя части ее, соприкасаясь с валками, охлаждаются сильнее, чем боковые части, которые почти не касаются стенок ручья. Поэтому в направлении горизонтальной оси профиля усадка металла будет больше, чем по вертикали. Более длинная горизонтальная ось ручья уничтожает это влияние неравномерной усадки.

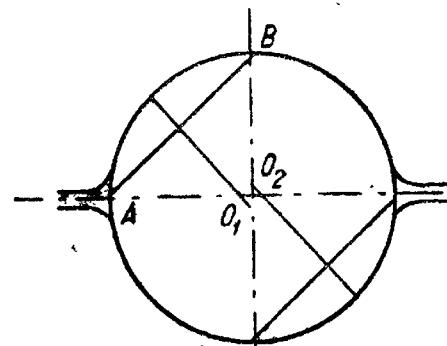


Рис. 23. Построение ручья для прокатки круглого железа до 50 мм в проводках.

Построение отделочного ручья для круглого железа диаметром до 50 мм производится следующим образом (см. рис. 23).

По вертикали откладывают ось $b = 1,01 d$, по горизонтали — $a = 1,02 d$. Соединяют точки A и B прямой. Из середины прямой AB восставляют к ней перпендикуляр. Точка O_1 пересечения этого перпендикуляра с вертикальной осью есть центр для вычерчивания верхней половины ручья. Таким же образом находят точку O_2 — центр для вычерчивания

нижней половины ручья. Зазор между валками делается $c =$ от 1 до 2 мм в зависимости от величины профиля. Радиус закругления у зазора делается $r = 0,1 d$.

Ручей для прокатки круглого железа толще 50 мм без проводок строится следующим способом (см. рис. 24).

Вычерчивают окружность с диаметром $1,015 d$. Под углом 45° к горизонтальной оси проводят диаметры AB и CD . Из точек A , B , C и D описывают дуги радиусом $AD = BC$. Точки M_1 , M_2 , M_3 и M_4 пересечения дуг с косыми диаметрами являются центрами для вычерчивания дуг BK , CE , DK и AE , радиусами, равными $M_1B = M_2C = M_3A = M_4D$. Таким образом получается круглый ручей с уширенными

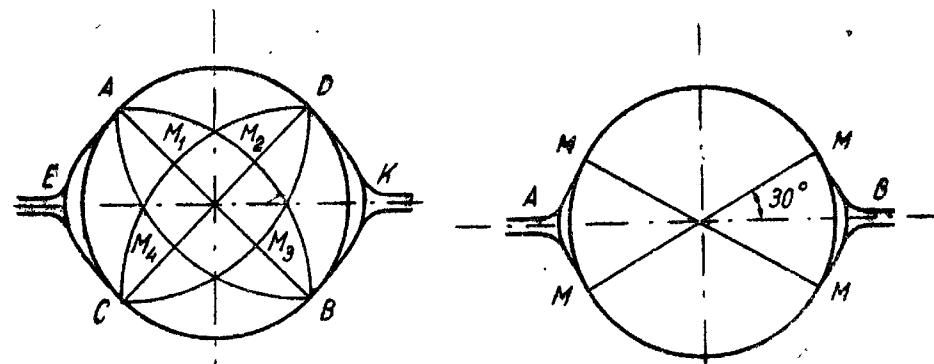


Рис. 24. Построение ручья для прокатки круглого железа толще 50 мм без проводок.

Рис. 25. Построение круглого отделочного ручья.

боками. Зазор между валками делается $-c =$ от 2 до 6 мм в зависимости от размеров профиля.

Радиус закругления $r = 0,1 d$.

Другое построение круглого отделочного ручья показано на рис. 25.

В окружности того же диаметра, что и в предыдущем построении, проводят косые диаметры под углом 30° к горизонтальной оси. Из точек M радиусом, равным MM , чертят дуги MA и MB , уширяющие профиль круглого ручья. Радиус закруглений попрежнему $r = 0,1 d$.

На рис. 26 показан способ построения *предотделочного* овального ручья.

Вычерчивают окружность, соответствующую отделочному ручью (слева). Делят диаметр этой окружности на три равные части. Вычерчивают окружность радиусом, равным двум таким частям (справа). Вертикальный диаметр AB этой

окружности делят на три равные части и через точки деления *C* и *D* проводят прямые, параллельные горизонтальному диаметру. Если удалить среднюю заштрихованную часть круга и соединить верхний и нижний сегменты, то получим требуемый овальный ручей, изображенный на левой фигуре рис. 26. Зазоры и радиусы закругления — как в соответствующих круглых ручьях.

Уменьшения диаметров от ручья к ручью могут быть взяты те же, что для стороны квадрата при прокатке квадратного железа. Таким образом и здесь не пользуются прогрессией для вычисления коэффициентов вытяжки.

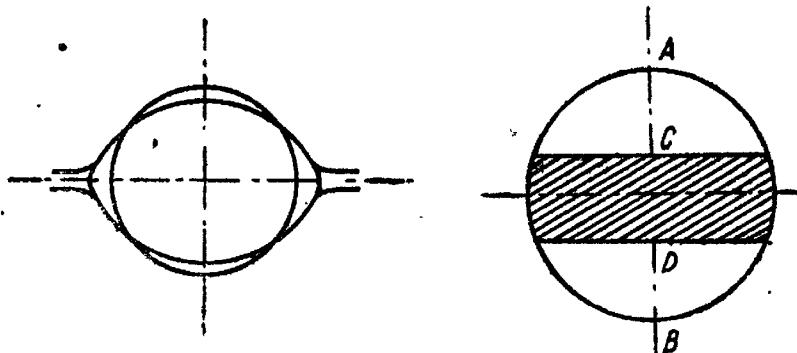


Рис. 26. Построение предотделочного овального ручья.

Калибровка прямоугольных профилей.

Сюда относится железо: универсальное, полосовое, шинное, обручное и штропсы.

Универсальным железом называется железо прямоугольного сечения, шириной не ниже 200 мм, прокатываемое на универсальном стане.

Полосовым железом называется железо прямоугольного сечения с острыми краями шириной от 12 до 200 мм с отношением толщины к ширине не более 1 : 2.

Шинным железом называется железо прямоугольного сечения с закругленными краями, сматываемое в мотки. Ширина шинного железа от 40 до 60 мм, толщина — от 5 до 10 мм.

Обручным железом называется железо прямоугольного сечения с острыми краями, толщиной не выше 3,5 мм, сматываемое в мотки. Ширина обручного железа — от 12 до 100 мм, толщина — от 0,9 до 3,5 мм.

Штропсами называются полосы для изготовления сварных труб, размерами от 30 × 1,5 до всех возможных в прокатке. Железо это не сматывается в мотки, а разрезается в полосы по длине получающихся труб.

Прямоугольные профили можно катать в плоских валах и в закрытых калибрах. В первом случае с большим удобством применяют так называемые ступенчатые валки. Преимуществом прокатки в ступенчатых валках является возможность прокатать любой прямоугольный профиль без смены валков (перевалки).

На рис. 27 изображены ступенчатые валки. Для прокатки в этих валках берут квадратную заготовку, полученную в черновых ручьях. При пропуске полосы несколько раз

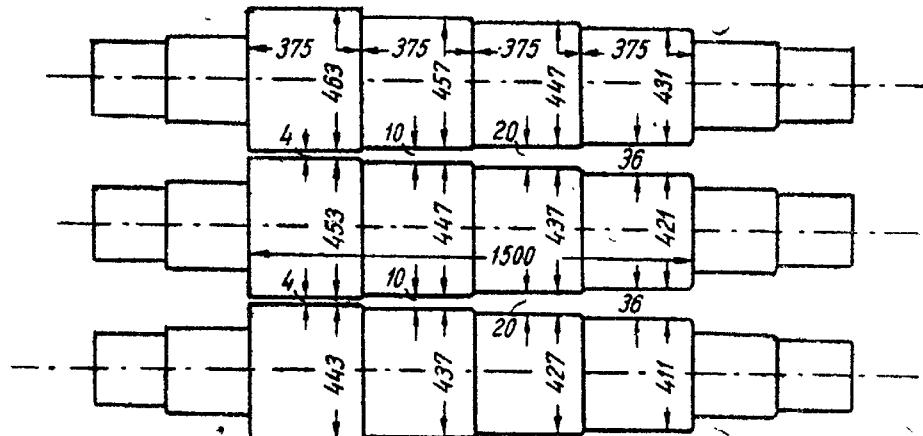


Рис. 27. Ступенчатые валки.

подряд через плоские валки боковые грани ее все более закругляются. Поэтому после ступенчатых валков полоса должна быть задана в ребровой ручей, в котором она катается на ребро и должна обжиматься тем сильнее, чем больше она прошла плоских пропусков, чтобы снова получились правильные чистые кромки.

Прокатка в ступенчатых валках рекомендуется только для полос шириной менее 60 мм. Если бы катать в ступенчатых валках более широкие полосы, пришлось бы дать так много плоских пропусков, что для устранения закруглений боковых граней надо было бы в ребровом ручье дать слишком большое обжатие. Но катать на ребро широкую полосу нельзя, так как она не поддается обжатию, а только коробится. Поэтому полосы шире 60 мм обыкновенно катают в закрытых ручьях. Рекомендуется также вести про-

катку в закрытых ручьях в том случае, когда приходится катать небольшие количества полос одной ширины, но разной толщины, так как перемену толщины при сохранении ширины, труднее производить в ступенчатых валках чем ручьях.

Прокатка железа прямоугольных профилей производится обыкновенно из заготовки, полученной в стрельчатых ручьях.

При калибровке ручьев можно пользоваться прогрессией, причем разность прогрессии колеблется в пределах от 0,02 до 0,1.

Ниже приведено несколько примеров калибровки.

1. Калибровка ручьев для полосового железа 150×15 мм.

Вводят поправку на усадку. Умножая ширину на 1,015, получают так называемый „горячий профиль“: 152×15 мм.

Толщина 15 мм здесь оставлена без изменения ввиду того, что

$$15 \times 1,015 = 15,225 \text{ мм}$$

слишком мало отличается от 15 мм.

Наибольший коэффициент вытяжки в чистовом стане

здесь надо выбрать не 1,56, а 1,48 из осторожности, так как в стан поступает не болванка из печи, а полоса, прокатанная в черновом стане и следовательно уже несколько охлажденная.

Болванку 150×150 мм или 175×175 мм прокатывают в черновом стане в 5—7 пропусков до сечения 140×98 мм, после чего в чистовом стане в 7 пропусков полоса принимает заданные размеры 152×15.

При 7 ручьях и наибольшем коэффициенте вытяжки 1,48, разность прогрессии будет

$$\frac{1,48 - 1}{7 - 1} = \frac{0,48}{6} = 0,08.$$

Для высот ручьев здесь приняты (см. табл.) числа, близкие к получающимся после умножения на коэффициенты вытяжки. Уширения здесь приняты: для первого ручья — 4 мм, для второго и третьего — 2 мм и в следующих — 1 мм. Вообще здесь стараются дать уширение поменьше и потому

берут заготовку, по профилю близкую к заданной ширине полосы.

По формуле, приведенной на стр. 23, уширение во втором ручье составило бы: $f = 0,40 (64 - 44) = 8 \text{ мм.}$

Однако, при прокатке полосового железа таких уширений не допускают, так как стараются сообщить металлу некоторое давление с боков. Поэтому уширения здесь редко дают больше 3 мм.

2. Калибровка ручьев для тонкой полосы (толщина 5 мм)

Эти сорта при прокатке быстро остывают: прокатку ведут в 5—6—7—9 ручьев.

Величина обжатия в последнем ручье должна быть не более 1 мм, в предпоследнем не более 2 мм, а в следующих ручьях можно уже пользоваться прогрессией. Для данного примера получатся следующие величины толщины полосы в последовательных ручьях (см. табл.):

Таблица 6.

№ ручьев	Толщина мм	Коэффициент вытяжки
7	5	
6	6	
5	8	
4	11,2	1,4
3	16,8	1,5
2	27	1,6
1	46	1,6

Уширение во всех ручьях берется 1 мм, и только в первом ручье его можно взять больше, но не больше 7 мм, как это получается из формулы на стр. 23: $f = 0,40 (46 - 27) = 7,6 \text{ мм.}$

Если в ручей 46 мм поступает заготовка, то, принимая коэффициент вытяжки равным 1,8, получим приблизительную толщину этой заготовки $46 \times 1,8 = 83 \text{ мм.}$

При этом обжатие будет $83 - 46 = 37 \text{ мм,}$ а наибольшее допустимое расширение в ручье будет $f = 0,40 \times 37 = 14,8 \text{ мм или приблизительно } 15 \text{ мм.}$ Таким образом, если исходить из заготовки $83 \times 83 \text{ мм,}$ то при пропуске в 7 ручьях получится наибольшая ширина $83 + (5 \times 1 + 2 + 15) = 105 \text{ мм.}$

На основании такого подсчета составлена приведенная ниже таблица, показывающая пределы, в которых может изменяться ширина полосы при прокатке в 5—6—7—9 пропусков.

3. Калибровка обручного железа, толщиной 1,5 мм.

Задан профиль $42 \times 1,5 \text{ мм.}$ Выбирают квадратную заготовку $35 \times 35 \text{ мм.}$ Общее уширение принято $42 - 35 = 7 \text{ мм.}$

Прокатку ведут в 7 ручьях, размеры которых, полученные на основании одних только практических данных, приведены в таблице 8.

Из таблицы видно, что уширения взяты: в последнем ручье 0,5 мм, а в остальных 1 мм. Что касается величины

Таблица 7.

5 пропусков	16—40	
6 ,	45—65	
7 ,	16—40	
9 ,	115—190 (универсальный стан)	

обжатия, то при небольшой абсолютной величине обжатия в последнем ручье:

$$2,5 - 1,5 = 1 \text{ мм},$$

Таблица 8.

№ ручьев	Размеры ручьев мм
Заготовка	35 × 35
1	27 × 37
2	19 × 38
3	12,5 × 39
4	6 × 40
5	4 × 41
6	2,5 × 41,5
7	1,5 × 42

однако с таким коэффициентом вытяжки приходится мириться, так как при прокатке обручного железа происходит слишком быстрое охлаждение и нет возможности увеличивать число ручьев, чтобы дать в последних ручьях соответствующий им коэффициент вытяжки, примерно 1,1.

Калибровка фасонных профилей.

Чтобы дать представление о калибровке ручьев для фасонных профилей, мы опишем калибровку углового железа равнобокого и неравнобокого, двутавровых балок, швеллеров, рельс и таврового железа.

Равнобокое угловое железо. При калибровке равнобокого углового железа ручьи располагают так, чтобы биссектриса¹ угла была перпендикулярна к оси валков (см. рис. 28).

Принимая во внимание изменение формы сечения профиля при остывании, приходится для получения угольника с углом 90° делать в последнем ручье угол $90\frac{1}{2}^\circ$.

Угольник можно рассматривать как две полосы, сложенные под углом. Поэтому для расчета толщины полок в каждом ручье пользуются соображениями, приведенными относительно калибровки полосового железа.

Заготовка, из которой прокатывается угольник, обыкновенно бывает полосой, которая при прокатке постепенно сгибается. Эта постепенность изменения угла устанавливается с помощью прогрессии, как при определении коэффициентов вытяжки.

Сказанное поясняется примерами.

Пример 1. Калибровка равнобокого углового железа № 5—50 × 50 × 5 мм.

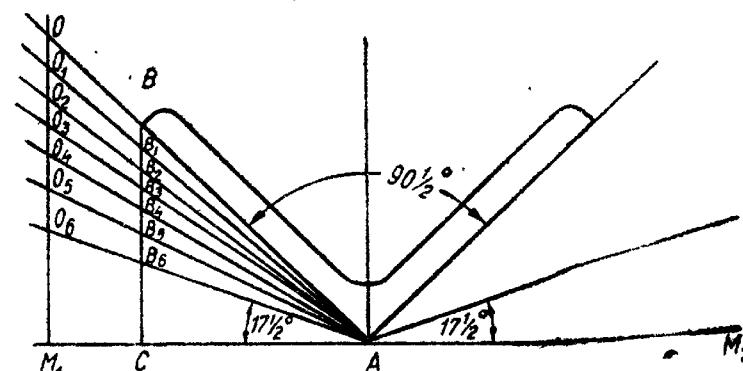


Рис. 28. Калибровка равнобокого углового железа 50×50×5 мм.
Построение уклонов полок.

На рис. 28 при точке A построен угол в $90\frac{1}{2}^\circ$ так, что биссектриса угла перпендикулярна к горизонтальной прямой $M_1 M_2$.

Прежде всего определяется профиль последнего ручья. Ширина полки AB горячего профиля равна:

$$50 \times 1,015 = 50,75 \text{ мм.}$$

Усадкой толщины полки можно пренебречь, так как она незначительна ($5 \times 1,015 = 5,075$ мм).

Итак горячий профиль угольника будет: $50,75 \times 50,75 \times 5$ мм.

Закругления в профиле угольника делаются следующими радиусами:

Для окончательного профиля внутреннее закругление при вершине прямого угла делается радиусом $R = 1,25$ м,

¹ Биссектриса—прямая линия, делящая угол пополам.

а закругления у внешних кромок полок радиусом $r = 0,5 \text{ m}$, где t — толщина полки в последнем ручье.

При толщине полки = 5 мм, $R = 6,25$ мм и $r = 2,5$ мм

Далее следует определить уклоны полок и их ширину в последовательных ручьях.

Пусть прокатка угольника ведется в 7 ручьях и пусть коэффициенты вытяжки представляют прогрессию с разностью 0,1, т. е. пусть коэффициенты эти: 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5.

В первом ручье угол между полкой и горизонтальной прямой делается $17\frac{1}{2}^{\circ}$. Положение полок во всех промежуточных ручьях определяется на основании следующих соображений:

Пусть из произвольной точки M_1 горизонтальной прямой M_1M_2 проведена прямая OM_1 перпендикулярно к M_1M_2 , которая пересекает все наклонные прямые, изображающие положение полки угольника во всех промежуточных ручьях.

Отрезок прямой OO_6 между крайними положениями полок может быть измерен на чертеже. Предположим, что он равен 30 мм. Отрезок OO_1 , длина которого пока неизвестна, так как неизвестно положение точки O_1 , обозначим через d .

Тогда величина всех отрезков определяется так:

Если сложить левые части равенств, то получится отрезок OO_6 , равный 30 мм. Сложение правых равенств дает $11,10a$. Таким образом получается равенство

$$11.10 \cdot a = 30$$

Из правил умножения известно, что один из двух сомножителей равен произведению, деленному на другого сомножителя. Следовательно

$$a = \frac{30}{11 \cdot 10} \cong 2,7.$$

Если представить эту величину в предыдущие равенства, то получатся величины всех отрезков:

Если отложить полученные величины отрезков по прямой OM_1 от точки O , то полученные точки O_1, O_2, O_3, O_4, O_5 теперь занимают вполне определенные положения и определяют наклон полок прямыми AO_1, AO_2, AO_3, AO_4 и AO_5 .

За ширину полок в последовательных ручьях принимают отрезки AB , AB_1 , AB_2 , AB_3 , AB_4 , AB_5 , AB_6 , которые отсекаются на наклонных прямых AO , AO_1 , AO_2 , AO_3 , AO_4 , AO_5 , AO_6 перпендикуляром BC , опущенным из конца полки последнего ручья на горизонтальную прямую M_1M_2 .

Таблица 9.

№ ручьев	Толщина полки мм
7	5
6	6
5	8
4	$8 \times 1,4 = 11,2$
3	$11,2 \times 1,5 = 16,8$
2	$16,8 \times 1,6 = 27$
1	$27 \times 1,7 = 46$

Так как толщина полки в последнем ручье 5 мм, то для предыдущих ручьев получатся следующие толщины полок (см. табл.):

Здесь в 7-м ручье толщина равна 5 мм, в 6-м на 1 мм больше, в 5-м на 2 мм больше, а дальше коэффициенты вытяжки идут по прогрессии.

Что касается радиусов закруглений в последовательных ручьях, то они увеличиваются в соответствии с изменениями коэффициентов вытяжки. Если коэффициенты вытяжки та-

Таблица 10

№ ручьев	R мм	r мм
7	6,25	2,5
6	$1,1 \times 6,25 = 6,9$	$1,1 \times 2,5 = 2,8$
5	$1,32 \times 6,25 = 8,3$	$1,32 \times 2,5 = 3,3$
4	$1,71 \times 6,25 = 10,7$	$1,71 \times 2,5 = 4,3$
3	$2,39 \times 6,25 = 14,9$	$2,39 \times 2,5 = 6,0$
2	$3,58 \times 6,25 = 22,4$	$3,58 \times 2,5 = 9,0$
1	$5,73 \times 6,25 = 35,8$	$5,73 \times 2,5 = 14,3$

заполнение ручьев металлом. Общая величина обжатия в приведенном примере $T_1 - T_2 = 46 - 5 = 41$ мм.

Величина уширения $t = 0,40 \times 41 = 16$ мм.

Ширина полки в последнем ручье = 50,75 мм. Следовательно ширина полки первого ручья должна быть не меньше

$$50.75 - 16 = 34.75 \text{ mm}$$

В противном случае ее необходимо увеличить, иначе не будет достаточного заполнения ручьев металлом. Таким же образом производят проверку для всех промежуточных ручьев.

Таблица 11.

№ ручьев	Толщина полки мм
7	14
6	15
5	17
4	$17 \times 1,4 = 24$
3	$24 \times 1,5 = 36$
2	$36 \times 1,6 = 58$
1	$58 \times 1,7 = 99$
Заготовка	$99 \times 1,8 = 178$

Но согласно стр. 13 обжатие нельзя брать более $\frac{1}{13} d$, т. е. в данном случае $\frac{1}{13} \cdot 650 = 50$ мм. Следовательно данный угольник нельзя катать в 7 ручьях.

Надо взять 9 ручьев (8 ручьев брать нельзя, так как при прокатке на стане трио число ручьев должно быть нечетным).

Если бы в этом случае взять наибольший коэффициент вытяжки в первом ручье 1,7 или даже 1,6, то можно было бы доказать по тому же способу, что и при таких условиях получается недопустимое обжатие. Уменьшая постепенно коэффициенты вытяжки и производя подобные же проверки на наибольшее допустимое обжатие, приходим к хорошим результатам при коэффициенте вытяжки в первом ручье 1,44 и разности прогрессии 0,04.

В этом случае толщины полок во всех 9 ручьях будут (см. табл. 12):

Эти толщины показаны на рис. 29. Определим теперь ширину полок во всех ручьях.

Пример 2. Калибровка равнобокого угольника № 15 — 150 × 150 × 14. ¹

Выясним, можно ли такой угольник прокатать в 7 ручьях при диаметре валков $d = 650$ мм.

Толщина полок в ручьях будет следующая (см. табл.):

Следовательно обжатие в первом ручье

$$T_1 = T_2 = 178 - 99 = 79 \text{ мм.}$$

Таблица 12.

№ ручьев	Толщина полки мм	Коэффициент вытяжки
9	14	
8	15	
7	17	
6	20	$\kappa = 1,28$
5	25	$\kappa = 1,32$
4	33	$\kappa = 1,36$
3	45	$\kappa = 1,40$
2	63	$\kappa = 1,44$
1	90	

Ширина обеих полок окончательного горячего профиля в развернутом виде будет:

$$(150 + 150 - 14) \times 1,015 = 286 \times 1,015 = 290 \text{ мм},$$

т. е. каждая полка в последнем ручье — 145 мм.

Это — условная ширина полки, так как ее нужно измерять не от вершины угла A до точки 9 (см. рис. 29), а от точки P' до точки 9, где точка P' — пересечение перпендикуляра, опущенного из точки O (пересечение средних линий полок угольника) на сторону угольника в последнем ручье. Таким образом, полная ширина полки, измеренная по наружному краю угольника, будет больше условной на величину отрезка AP' .

Свободное уширение между 1-м и 9-м ручьями было бы согласно сказанному на стр. 23 $f = 0,40 \cdot (T_1 - T_2) = 0,40 \cdot (90 - 14)$.

Но мы имеем дело не со свободным уширением и можем дать достаточно уширение $f = 0,30 \cdot (T_1 - T_2) = 0,30 \times 76 = 22,8 \text{ мм.}$

Поэтому ширина полок в 1-м ручье $145 - 22,8 = 122,2 \text{ мм.}$

В 9-м ручье уширение $f = 0,3 \times 1 = 0,3 \text{ мм,}$ и следовательно ширина полок в 8-м ручье

$$145 - 0,3 = 144,7 \text{ мм,}$$

и вообще ширины полок во всех ручьях будут (см. табл.):

Все ширины полок в этой таблице условны в таком же смысле, как это было указано выше.

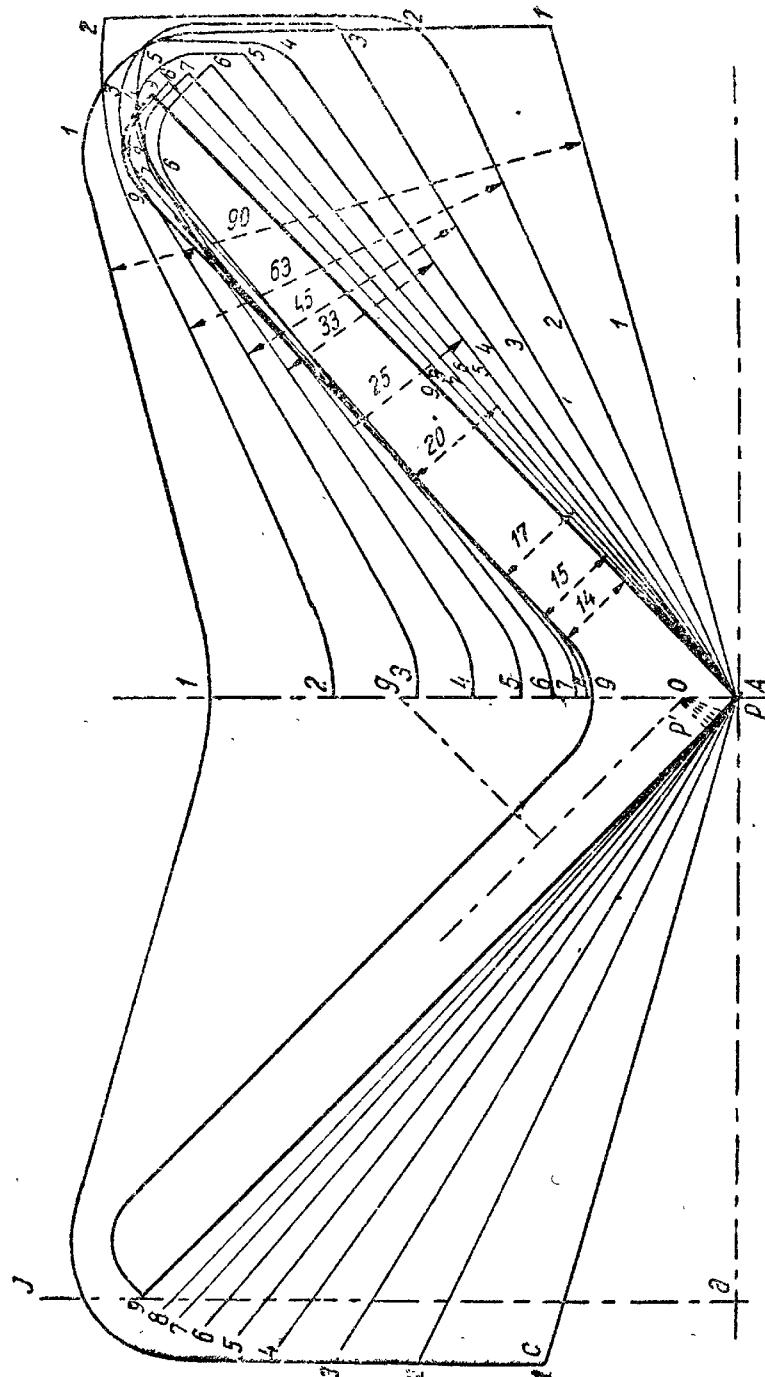
Итак, для построения калибров известны ширина и толщина полок в каждом ручье. Остается построить уклоны для полок каждого ручья и вычислить радиусы закруглений. Способы этих построений и вычислений достаточно разъяснены в предыдущем примере и здесь повторены не будут.

Неравнобокое угловое железо. Калибровку неравнобокого углового железа производят двумя способами. Различие этих способов заключается в наклоне полок угольника относительно оси валка.

Таблица 13.

№ ручьев	Ширина полок мм
9	145
8	$145 - 0,3 \times 1 = 144,7$
7	$144,7 - 0,3 \times 2 = 144,1$
6	$144,1 - 0,3 \times 3 = 143,2$
5	$143,2 - 0,3 \times 5 = 141,7$
4	$141,7 - 0,3 \times 8 = 139,3$
3	$139,3 - 0,3 \times 12 = 135,7$
2	$135,7 - 0,3 \times 18 = 130,3$
1	$130,3 - 0,3 \times 27 = 122,2$

¹ ОСТ 14.



Каждый из описанных способов имеет свои преимущества и недостатки.

При равенстве проекций BF и CG (способ 1-й), давления, действующие на полки, не создают никаких усилий, стремящихся передвинуть валки в горизонтальном направлении (вдоль оси). Но этот способ, вследствие наклонного положения биссектрисы, имеет следующее неудобство. Практика требует, чтобы толщина полок могла изменяться в некоторых пределах. Когда биссектриса угла вертикальна (способ 2-й), то поднятием или опусканием верхнего валка можно толщину полки t изменить до некоторой величины t' , причем это изменение будет одинаково для обеих полок и, таким образом, в одном окончательном ручье можно получать угольники различной требуемой толщины. Если же биссектриса наклонна (способ 1-й), то это невозможно. При вертикальном поднятии или опускании верхнего валка в этом случае будет получаться неправильный профиль, благодаря неодинаковому изменению толщины обеих полок. Валки пришлось бы поднимать или опускать по направлению биссектрисы, не перпендикулярной оси валка. Практика показала, что такое перемещение валков вызывает большие затруднения. Поэтому при ручьях с наклонной биссектрисой предпочитают иметь отдельные калибры для каждой требуемой толщины угольника.

Если, например, прокатывают угольники толщиной от 10 до 15 мм с изменением этой толщины через 1 мм, то нужно 6 отдельных ручьев. При таком большом числе отдельных ручьев необходимо иметь специальную клеть с закаленными валками только для отдельных ручьев нескольких профилей.

Этим способом получают прекрасные угольники с хорошо заполненными кромками и без заусенцев, чёго нельзя сказать о всех профилях угольников, полученных в одном и том же отдельном ручье с различным подъемом верхнего валка (2-й способ калибровки).

Во 2-м способе калибровки (биссектриса перпендикулярна оси валка) при неравенстве проекций BF и CG , давления, действующие на полки, создают усилия, стремящиеся передвинуть валки в горизонтальном направлении (вдоль оси). Конечно, при прокатке мелких угольников действие горизонтальных усилий невелико, и для таких угольников ручьи с вертикальной биссектрисой дают хорошие результаты. При крупных же угольниках горизонтальное давление становится значительным и тогда приходится прибегать к расположению ручьев по первому способу (с наклонной биссектрисой).

Иногда поступают таким образом, что все ручьи, кроме последнего, строят по первому способу, а последний ручей — по второму способу, т. е. располагают биссектрису угла в последнем ручье перпендикулярно оси валка для того, чтобы иметь возможность получить окончательный профиль угольника с различной толщиной полок.

Иногда применяют еще один способ калибровки неравнобоких угольников. Он состоит в постепенном переходе от наклонного положения биссектрисы к вертикальному. Но способ этот неудобен вследствие сложности самой калибровки.

Во всем остальном калибровка неравнобоких угольников сходна с калибровкой равнобоких угольников. Нужно только иметь в виду, что при расположении ручьев по второму способу, после определения толщины большой полки во всех ручьях способом, указанным для равнобокого угольника, находят толщину меньшей полки, руководствуясь следующими соображениями. Обжатие, даваемое в каждом ручье для малой полки, должно быть равно обжатию для большой полки в том же ручье, умноженному на обратное отношение вертикальных проекций полок.

Если например:

Обжатие большой полки	4	мм
Проекция " : : : : : 75	"	"
Проекция малой " : : : : 50	"	"

тогда обжатие малой полки будет

$$4 \times \frac{75}{50} = 6 \text{ мм.}$$

Это делается для того, чтобы малой полке дать большее обжатие чем большой полке и тем парализовать боковое давление, возникающее вследствие неодинаковой величины проекций полок.

Уклон сторон при калибровке с неравными проекциями находится точно так же, как и для равнобоких угольников, причем уклоны для большой и малой полок в одном и том же ручье одинаковы.

При ручьях с наклонной биссектрисой (проекции равны) определяют уклоны для одной стороны так же, как и для равнобокого угольника. Из полученных точек B_1 , B_2 , B_3 и т. д. (рис. 32) проводят прямые, параллельные FG до пересечения с CG . Точки C_1 , C_2 , C_3 и т. д. соединяют прямыми с точкой A . Прямые AC_1 , AC_2 , AC_3 и т. д. определяют уклоны другой полки угольника.

Пример: Калибровка неравнобокого уголника $150 \times 100 \times 12$.

Выясним, можно ли такой уголник прокатить в 7 ручьях при диаметре валков $d = 700 - 750$ мм.

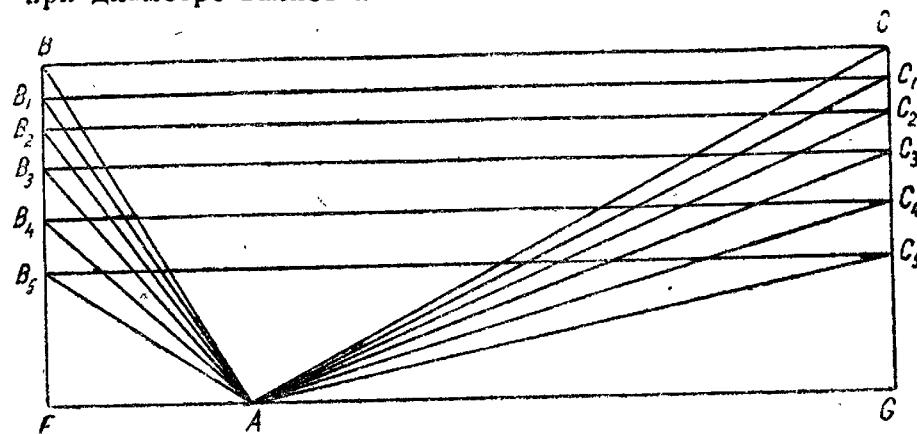


Рис. 32. Построение уклонов неравнобокого уголника при 1-м способе калибровки.

Для определения толщины полок во всех 7 ручьях зададимся разностью прогрессии 0,1, что для мягкого материала вполне допустимо (табл. 14):

Таблица 14.

№ ручьев	Толщина полки мм
7	12
6	$12 \times 1,1 = 13,2$
5	$13,2 \times 1,2 = 15,8$
4	$15,8 \times 1,3 = 20,5$
3	$20,5 \times 1,4 = 28,7$
2	$28,7 \times 1,5 = 43,0$
1	$43,0 \times 1,6 = 69,0$
Заготовка	$69,0 \times 1,7 = 117,0$

менее 54. Следовательно, заданный уголник толщиной 11 мм можно прокатать в 7 ручьях (при $d = 700 - 750$ мм).

Рассмотрим сперва калибровку этого уголника с расположением ручьев по второму способу, т. е. с вертикальной

ОСТ 15.

54

биссектрисой и с неравными вертикальными проекциями полок.

Проводим горизонтальную прямую XX' (рис. 33). Выбираем на ней любую точку A в качестве вершины прямого угла заданного профиля. В точке A восстановим перпендикуляр AF к прямой XX' . Через точку A проводим две наклонные прямые каждую под углом $45^{\circ}15'$ к перпендикуляру AF . На этих прямых откладываем от точки A заданные ширины полок горячего профиля, т. е.

$$150 \times 1,015 \approx 152 \text{ мм и}$$

$$100 \times 1,015 = 101,5 \text{ мм},$$

получим точки 7 и 7'.

Из этих точек опускаем перпендикуляры на прямую XX' . Получаем точки d и e .

Затем через точку A проводим прямую $A - I$ под углом $17^{\circ}30'$ к прямой XX' . Эта прямая определяет уклон малой полки уголника в первом ручье.

Отрезок перпендикуляра $I - 7$ нужно разделить на 6 неравных частей (так как у нас 7 ручьев), подобно тому, как это сделано при калибровке равнобокого уголника (см. стр. 46).

Для этого измеряем по чертежу отрезок $I - 7$. Предположим, что он равен 50 мм (такая величина действительно получается при вычерчивании в натуральную величину). Обозначим отрезок $7 - 6$, длина которого пока неизвестна, через a . Тогда величина всех шести отрезков определяется следующим образом:

$$\begin{aligned} \text{Отрезок } 7 - 6 &= a \\ " 6 - 5 &= a \times 1,1 = 1,1a \\ " 5 - 4 &= 1,1a \times 1,2 = 1,32a \\ " 4 - 3 &= 1,32a \times 1,3 = 1,71a \\ " 3 - 2 &= 1,71a \times 1,4 = 2,39a \\ " 2 - 1 &= 2,39a \times 1,5 = 3,58a \end{aligned}$$

Если сложить левые части равенств, то получится отрезок $7 - 1$, равный 50 мм. Сложение правых частей равенств дает $11,10a$. Таким образом получается равенство $11,10a = 50$, откуда

$$a = \frac{50}{11,10} \approx 4,5 \text{ мм.}$$

Если подставить эту величину в предыдущие равенства, то получаются величины всех отрезков (см. табл.):

$7 - 6$	$\dots \dots \dots$	4,5 мм
$6 - 5$	$= 1,1 \times 4,5 = 5,0$	
$5 - 4$	$= 1,32 \times 4,5 = 5,9$	
$4 - 3$	$= 1,71 \times 4,5 = 7,7$	
$3 - 2$	$= 2,39 \times 4,5 = 10,8$	
$2 - 1$	$= 3,58 \times 4,5 = 16,1$	
		50,0 мм

55

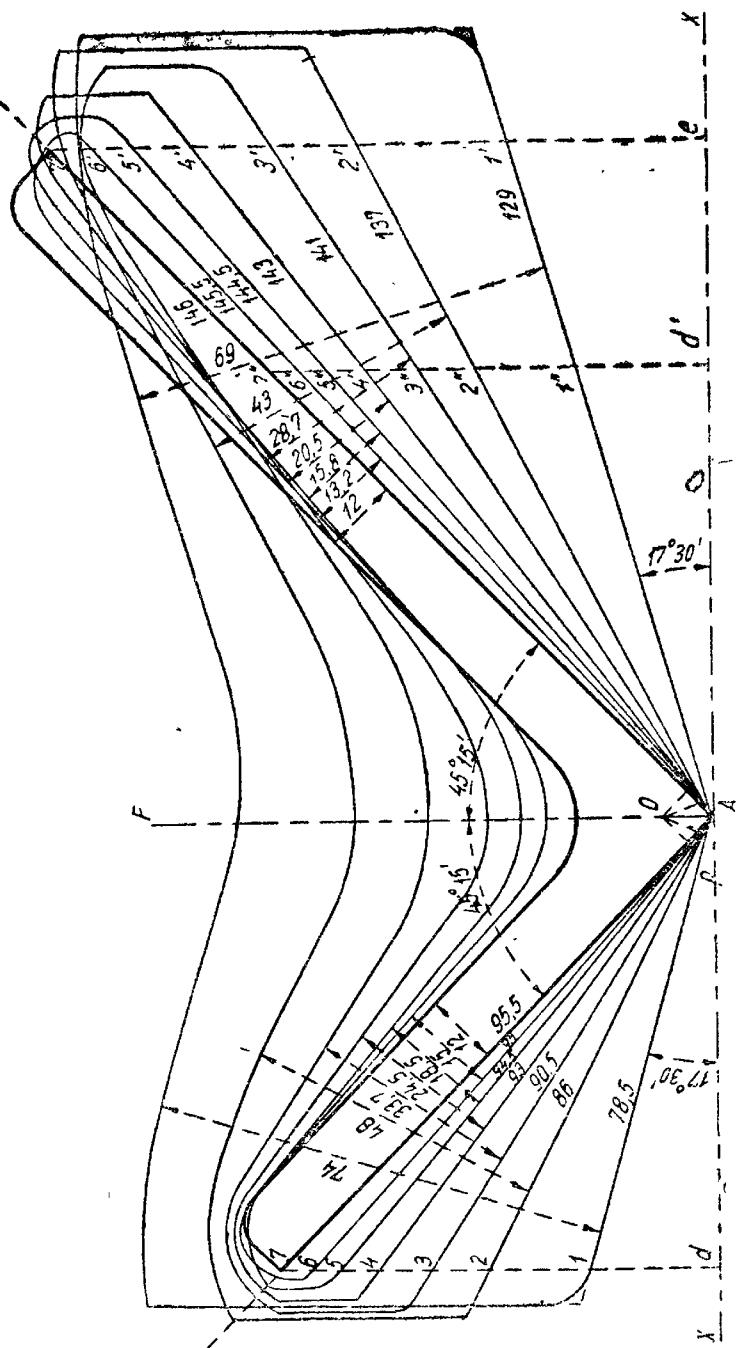


Рис. 33. Калибровка неравнобокого угольника $150 \times 100 \times 12$ при вертикальной биссектрисе. Профили в последовательных ручьях.

Откладываем вычисленные величины, на прямой $7 - 1$ и получаем все промежуточные точки $6, 5, 4, 3$ и 2 . Эти точки соединяем с вершиной угла A . Полученные прямые определяют уклоны малой полки во всех промежуточных ручьях.

Как было указано выше, при расположении ручьев с вертикальной биссектрисой уклоны для большой и малой полок в одном и том же ручье одинаковы. Поэтому построение уклонов больших полок состоит в следующем. На прямой XX' откладывают от точки A вправо отрезок Ad' равный Ad . Из точки d' восставляют перпендикуляр к прямой XX' . На этом перпендикуляре откладывают отрезки $d'1'', d'2'', d'3''$ и т. д., равные соответственно $d1, d2, d3$ и т. д. Через точку A и точки $1'', 2'', 3''$ и т. д. проводят наклонные прямые, которые и определяют уклоны больших полок. При продолжении этих наклонных до пересечения с перпендикуляром $7'e$ получают точки $1', 2', 3'$ и т. д.

Далее следует определить размеры больших и малых полок во всех ручьях Ширина заданного угольника в развернутом виде в горячем состоянии следующая:

$$150 \times 1,015 + 100 \times 1,015 - 12 = 152 + 101,5 - 12 = 241,5 \text{ мм.}$$

Выше было указано, что обжатие в 1-м ручье:

$$T_1 - T_2 = 117 - 69 = 48 \text{ мм.}$$

В последующих (от 2 до 7) ручьях общее уширение будет (для большой полки) $f = (69 - 12) \times 0,3 = 17 \text{ мм.}$

Обжатия во всех промежуточных ручьях следующие:

В 7-м	$13,2 - 12,0 = 1,2 \text{ мм}$	в 4-м	$28,7 - 20,5 = 8,2 \text{ мм}$
" 6-м	$15,8 - 13,2 = 2,6$	" 3-м	$43,0 - 28,7 = 14,3$
" 5-м	$20,5 - 15,8 = 4,7$	" 2-м	$69,0 - 43,0 = 26,0$

Поэтому уширения в отдельных ручьях будут:

Во 2-м ручье	$0,3 \times 26 = 7,8 \text{ мм}$
* 3-м "	$0,3 \times 14,3 = 4,3$ "
" 4-м "	$0,3 \times 8,2 = 2,4$ "
" 5-м "	$0,3 \times 4,7 = 1,4$ "
" 6-м "	$0,3 \times 2,6 = 0,8$ "
" 7-м "	$0,3 \times 1,2 = 0,4$ "

Ширина обеих полок угольника (ширина в развернутом виде), измеренная по наружной стороне этих полок, как указано выше, равна 241,5 мм. Если же ширину измерять по средней линии полок, проходящей через центр O (рис. 33), то эта ширина будет меньше на величину $2PA$.

То же можно сказать относительно ширины развернутых полок во всех ручьях. При этом в каждом ручье величина PA будет изменяться, так как уклон полок в каж-

дом ручье иной. Когда уклоны известны, то и величины PA в каждом ручье также могут быть измерены. Приняв во внимание все изложенное, находят ширины большой полки во всех ручьях, которые зависят от уменьшения уширений.

Таблица 15.

№ ручьев	Ширина большой полки (средняя)	Величина PA	Полная ширина большой полки (наружная)
7	$152 - 6 = 146$	6,0	152
6	$146 - 0,4 = 145,6$	5,5	151,1
5	$145,6 - 0,8 = 144,8$	5,0	149,8
4	$144,8 - 1,4 = 143,4$	4,5	147,9
3	$143,4 - 2,4 = 141,0$	4,0	145,0
2	$141,0 - 4,3 = 136,7$	3,5	140,2
1	$136,7 - 7,8 = 128,9$	3,0	131,9

Отложив эти величины на прямых $A1'$, $A2'$, $A3'$. . . $A7'$ от точки A , получим ширины большой полки во всех ручьях.

Таким образом, все размеры большой полки определены (толщину полок, определенную на стр. 53, относим к большой полке).

Далее следует определить ширину и толщину малой полки во всех ручьях.

Ширина малой полки во всех ручьях определяется таким же способом, как она была определена для большой полки.

Таблица 16.

№ ручьев	Ширина малой полки (средняя)	Величина PA	Полная ширина малой полки (наружная)
7	$101,5 - 6 = 95,5$	6,0	101,5
6	$95,5 - 0,4 = 95,1$	5,5	100,6
5	$95,1 - 0,8 = 94,3$	5,0	99,3
4	$94,3 - 1,4 = 92,9$	4,5	97,4
3	$92,9 - 2,4 = 90,5$	4,0	94,5
2	$90,5 - 4,3 = 86,2$	3,5	89,7
1	$86,2 - 7,8 = 78,4$	3,0	81,4

Теперь остается определить толщину малой полки. На основании сказанного на стр. 53 обжатие в малой

полке делается равным обжатию большой полки, умноженному на отношение большей проекции к меньшей.

Определим отношения этих проекций во всех ручьях.

Таблица 17.

№ ручьев	Проекции		Отношение проекций
	большая полка	малая полка	
7	107	71	
6	100	66	
5	93	62	
4	83	56	
3	70	47	
2	56	37	
1	32	21	

Умножаем эти отношения на соответствующие обжатия для большой полки (см. стр. 57). Получаем обжатия для малой полки.

$$\begin{aligned} \text{В 7-м ручье} & \dots 1,5 \times 1,2 = 1,8 \\ \text{, 6-м} & \dots 1,5 \times 2,6 = 3,9 \\ \text{, 5-м} & \dots 1,5 \times 4,7 = 7,1 \\ \text{, 4-м} & \dots 1,5 \times 8,2 = 12,3 \\ \text{, 3-м} & \dots 1,5 \times 14,3 = 21,4 \\ \text{, 2-м} & \dots 1,5 \times 26 = 39,0 \end{aligned}$$

Толщины для малой полки в последовательных ручьях будут:

$$\begin{aligned} \text{В 6-м ручье} & \dots 13,2 + 1,8 = 15,0 \\ \text{, 5-м} & \dots 15,8 + 3,9 = 19,7 \\ \text{, 4-м} & \dots 20,5 + 7,1 = 27,6 \\ \text{, 3-м} & \dots 28,7 + 12,3 = 41,0 \\ \text{, 2-м} & \dots 43,0 + 21,4 = 64,4 \\ \text{, 1-м} & \dots 69,0 + 39,0 = 108,0 \end{aligned}$$

Практика показывает, что только в тех ручьях можно придерживаться величин, полученных указанным расчетом, где разница в толщине полок не превышает 4—5 мм. При такой разнице боковые давления, стремящиеся передвинуть валки по горизонтальному направлению, уравновешиваются. При большей разнице валки стремятся переместиться по горизонтальному направлению, так как давление на малую полку оказывается слишком большим. Поэтому в 7-м и 6-м ручьях принимаем толщину малой полки по расчету, а в последующих ручьях делаем толщину малой полки на

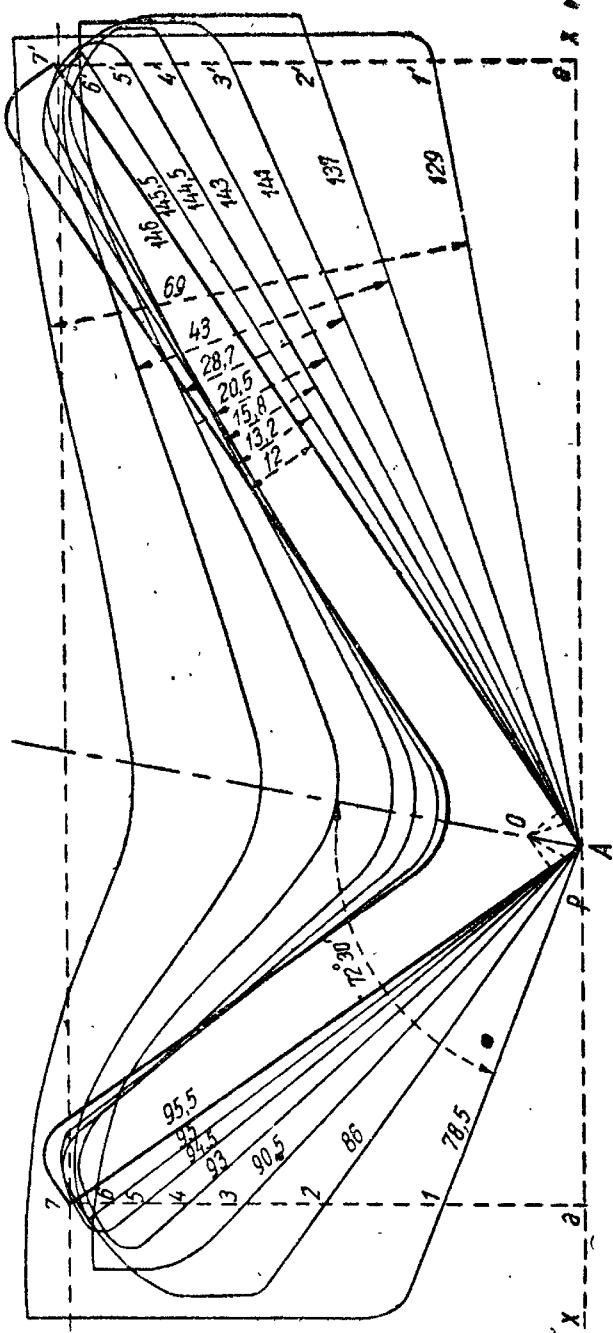


Рис. 34. Калибровка неравнобокого угольника $150 \times 100 \times 12$ при наклонной биссектрисе. Профили в последовательных ручьях.

3—5 мм более толщины большой полки. А именно в 5-м ручье на 3 мм, в 4-м — на 4 мм, в 3-м, 2-м и 1-м — на 5 мм.

Таким образом получаем толщину малой полки угольника во всех ручьях.

Теперь рассмотрим калибровку того же угольника $150 \times 100 \times 12$ при расположении ручьев с равными вертикальными проекциями полок с наклонной биссектрисой угла.

Вычертываем прямоугольный треугольник с катетами, соответствующими размерам полок горячего профиля заданного угольника, так, чтобы гипотенуза¹ была горизонтальна (рис. 34). Через вершину прямого угла A проводим горизонтальную прямую XX' (параллельно гипотенузе $7-7'$). Проводим биссектрису AF угла A , влево от нее строим угол в $72^{\circ}30'$, проводя прямую $A-1$. Из точек 7 и $7'$ опускаем перпендикуляры на прямую XX' , получаем точки d и e .

Наклонная прямая $A-7$ определяет уклон малой полки в последнем ручье, а прямая $A-1$ — уклон малой полки в 1-м ручье.

Отрезок перпендикуляра $1-7$ нужно разделить на 6 неравных частей, подобно тому как это сделано при калибровке того же угольника с вертикальной биссектрисой.

Измеряем по чертежу отрезок $1-7$. Он равен 60,5 мм (при вычертывании в натуральную величину).

Согласно стр. 46 11,1 $a = 60,5$ мм,
где a — отрезок $7-6$, длина которого пока неизвестна.
Отсюда

$$a = \frac{60,5}{11,1} = \text{приблизительно } 5,5 \text{ мм.}$$

Тогда определяются все отрезки прямой $7-1$:

Откладываем вычисленные величины на прямой $7-1$ и получаем все промежуточные точки $6, 5, 4, 3$ и 2 . Эти точки соединяем с вершиной угла A . Полученные прямые определяют уклоны малой полки во всех ручьях.

¹ Стороны прямоугольного треугольника, образующие прямой угол, называются катетами, сторона, лежащая против прямого угла, называется гипотенузой.

Таблица 18.

№ ручьев	Толщина малой полки мм
7	12,0
6	15,0
5	18,5
4	24,5
3	33,7
2	48,0
1	74,0

Для определения уклона большой полки из точек 1, 2, 3... 7 проводим прямые параллельные горизонтальной прямой XX' до пересечения с перпендикуляром $7'e$ (чтобы не затенять чертежа, прямые не показаны). Полученные точки $1', 2', 3', \dots, 7'$ соединяем с точкой A . Прямые $AI', A2', A3' \dots A7'$ определяют уклоны большой полки во всех ручьях.

Все размеры полок определяются так же, как при способе с вертикальной биссектрисой, а потому они не отличаются от уже полученных. Разница лишь в толщине малой полки, которая в этом случае равна толщине большой полки в соответствующем ручье (так как при равенстве вертикальных проекций полок нет надобности давать неодинаковые обжатия). Все построения и все размеры показаны на рис. 34.

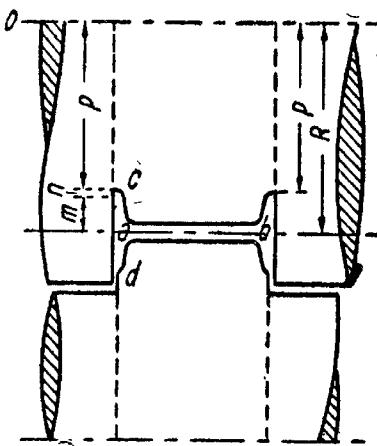


Рис. 35. Прокатка двутавровой балки.

ния при проходе полосы через валки. Если же расположить угольник в валках углом A книзу и полками кверху, то окалина будет попадать внутрь угольника, закатываться в металл и образовывать язвины. Внешний вид таких угольников будет неудовлетворительным.

Замечание это относится и к другим фасонным профилям. Для получения проката хорошего вида окалину следует удалять механическими средствами, щетками, струей пара и проч. и придавать ручьям положение, облегчающее очистку поверхности от окалины.

Двутавровая балка. Двутавровая балка прокатывается в положении, указанном на рис. 35.

Средняя часть профиля балки ab называется *ножкой*, часть ac — *верхним пером*, часть ad — *нижним пером*, вся часть cd — *полкой*.

Калибровка двутаврового профиля осложняется тем, что прокатка верхней и нижней части профиля происходит не в одинаковых условиях. Прокатку нижних перьев можно рассматривать как прокатку в открытом ручье, где металл в каждой точке сечения находится под действием верхнего и нижнего вращающихся валков. В таких условиях все точки сечения нижнего пера приобретают одну скорость. Действительно, рассматривая различные точки сечения нижнего пера, можно сказать, что чем дальше точка отстоит от оси, например верхнего валка, тем скорость этой точки под влиянием вращения верхнего валка должна быть больше. Но так как в этом случае точка ближе к оси нижнего валка, то в такой же степени скорость точки под влиянием вращения нижнего валка должна быть меньше. В результате все точки, находящиеся под влиянием вращения верхнего и нижнего валков, имеют одинаковую скорость. У ножки профиля все точки сечения имеют тоже одинаковые скорости, так как, во-первых, все ее точки тоже находятся под влиянием вращения верхнего и нижнего валков, а во-вторых, ножка занимает положение, параллельное к осям валков, и все ее точки почти одинаково отстоят от обеих осей.

Другое дело — верхние перья. Они находятся в почти замкнутом пространстве вырезов в одном верхнем валке, а потому вращение нижнего валка не оказывает влияния на скорости точек сечения верхних перьев. Благодаря этому точки сечения верхнего пера имеют разные скорости и тем большие чем точки ближе к полке. Вследствие такой разности скоростей верхнее перо балки подвергается „сжатию“ в направлении, перпендикулярном к осям валков.

Из чертежа (рис. 35) видно, что величина этого сжатия n равна

$$n = R - p - m,$$

где R — расстояние между осью верхнего валка OO_1 и осью профиля ab (радиус валка),

m — ширина верхнего пера балки, получающаяся вследствие сжатия после прохода через ручей,

p — расстояние между осью верхнего валка OO_1 и верхней точкой верхнего пера калибра c .

При известном радиусе валков R при заданной ширине пера m расстояние p есть величина вполне определенная,¹ а

¹ Зависимость между этими тремя величинами выражается формулой

$$p = \sqrt{R^2 - 2Rm},$$

вывод которой здесь приведен не будет. Желающие познакомиться с выводом этой формулы могут найти его в книге Леон Жез „Калибровка валков“, изд. 1929 г., стр. 31.

следовательно и величина сжатия n при таких условиях также вполне определенная.

При прокатке двутавровой балки не только ножка, но и перья получают обжатие (боковое), и благодаря этому обжатию оба пера получают уширение. Это уширение действует очевидно против сжатия n верхнего пера, и поэтому общая величина сжатия равна разности $n - f$, где f — величина уширения.

Что касается коэффициентов вытяжки, которыми нужно задаваться для ножки и для перьев в последовательных ручьях, то практикой установлено, что коэффициенты вытяжки для перьев в каждом ручье должны быть заданы примерно на 10% меньше коэффициентов вытяжки для ножки в том же ручье.

Если например коэффициенты вытяжки для ножки будут:

1,10; 1,20; 1,30; 1,40; 1,50; 1,60,

то коэффициенты вытяжки для перьев в тех же ручьях будут:

1,09; 1,18; 1,27; 1,36; 1,45; 1,54.

Эта разница в задаваемых коэффициентах вытяжки для ножки и перьев объясняется тем, что перья, кроме вертикального давления, испытывают еще и некоторое боковое давление, также способствующее вытяжке.

Все указанные замечания о калибровке двутавровой балки приняты во внимание в приведенном ниже примере.

Калибровка двутавровой балки № 24 — 240 × 101,8 × 8,7¹ (рис. 36).

Число ручьев при прокатке двутавровой балки бывает не менее 9.

Примем число ручьев 11.

Горячий профиль балки получится умножением ширины ножки H и ширины полки M на 1,015.

Получается: $H = 243,5$; $M = 103,5$; $u = 8,7$.

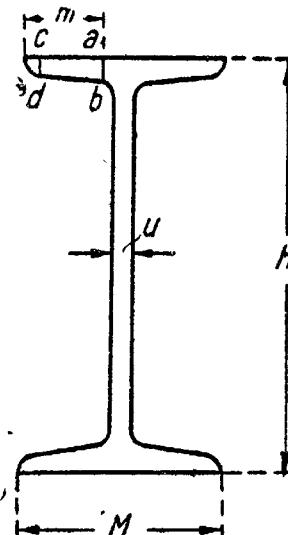


Рис. 36. Двутавровая балка.

Для вычерчивания профиля последнего ручья нужно еще задать размеры толщины пера на конце и у основания.

Уклон bd к ac обыкновенно делают от $\frac{1}{10}$ до $\frac{1}{6}$ (по сортаменту СССР уклон 14%).

Зададим толщину $ab = 15$ мм; $cd = 7$ мм.
Из чертежа видно, что

$$m = \frac{M - u}{2} = \frac{103,5 - 8,7}{2} = 47,5.$$

При определении ширины ножки H в последовательных ручьях рассматриваем ножку, как обыкновенную полосу, и задаем уширения, пользуясь практическими правилами, а именно увеличиваем H в 1-м, 2-м и 3-м ручьях на 1,5 мм в каждом, а в остальных ручьях на 1 мм в каждом (см. табл. 19).

Толщина ножки в последовательных ручьях изменяется соответственно коэффициентам вытяжки, которые в свою очередь изменяются по прогрессии.

Обыкновенно коэффициент вытяжки в первом ручье берут 1,6 или 1,5.

Принимаем $k = 1,5$.
Тогда разность прогрессии будет

$$\frac{1,5 - 1}{11 - 1} = 0,05,$$

и все коэффициенты вытяжки в последовательных ручьях для ножки легко получить. Они также помещены в таблице

Таблица 19.

№ ручьев	H мм	u мм	Коэффиц. вытяжки	cd мм	ab мм	Коэффиц. вытяжки
11	243,5	8,7		7	15	
10	242,5	9,2	1,05	7,4	15,7	1,045
9	241,5	10,1	1,10	8	17	1,090
8	240,5	12,7	1,15	9,1	19,5	1,135
7	239,5	15,3	1,20	10,75	23	1,180
6	238,5	19,1	1,25	13,2	28	1,225
5	237,5	24,8	1,30	16,75	35,8	1,270
4	236,5	33,5	1,35	22	47	1,315
3	235	46,9	1,40	30	63	1,360
2	233,5	68	1,45	42	(90) 76	1,405
1	232	102	1,50	61	(130) 110	1,450

Разность прогрессии для получения коэффициентов вытяжки перьев, на основании изложенного выше, должна

быть уменьшена на 10%, т. е. она будет равна 0,045. Коэффициенты вытяжки в последовательных ручьях для перьев, выведенные из этой разности прогрессии, помещены в таблице. Там же помещены толщины перьев ab и cd в последовательных ручьях, вычисленные по соответствующим коэффициентам вытяжки.

В этой таблице надо обратить внимание на недопустимые значения, полученные для толщины пера ab в ручьях № 1 и № 2. Действительно, из рис. 37 видно, что сумма толщин двух перьев ($130 + 130$) получилась больше высоты балки (232).

Поэтому вместо 130 возьмем в первом ручье $ab = 110$, а во втором ручье значение ab получим, пользуясь тем же коэффициентом вытяжки $k = 1,45$. Тогда во втором ручье имеем

$$ab = \frac{110}{1,45} = 76 \text{ мм.}$$

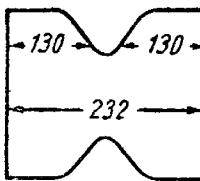


Рис. 37. Ручье M .

Для горячего профиля $M = 103,5$ мм.

Как было указано выше, в закрытом ручье перья подвергаются сжатию и величина этого сжатия $n = R - p - m$.

Предположим, что диаметр верхнего валка $d = 650$ мм, тогда $R = 325$ мм.

Выше было найдено, что $m = 47,5$ мм.

Как было указано выше, при заданном R и m , p имеет вполне определенное значение, и в данном случае $p = 272$ мм.¹

Поэтому сжатие $n = 325 - 272 - 47,5 = 5,5$ мм.

При определении ширины пера нужно знать кроме сжатия n еще уширение пера f .

Величины уширения получаются умножением средней величины обжатия перьев в каждом ручье на 0,35.

$$f = 0,35 (T_1 - T_2).$$

Полученные уширения помещены в табл. 20.

Для того, чтобы при определении ширины перьев в последовательных ручьях знать, в каких случаях нужно при-

¹ $p = \sqrt{R^2 - 2 Rm} = \sqrt{325^2 - 2 \cdot 325 \cdot 47,5} = 272$. См. примечание на стр. 63.

нимать во внимание только уширение, а в каких — уширение и сжатие, рассмотрим расположение ручьев в стане.

На рис. 38 вверху показано расположение 6 ручьев в черновом стане трио, куда заготовка поступает из блюминга в виде уже отчасти подготовленного блюма, прошедшего через последний ручей (см. рис. 13).

В черновом стане трио нечетные ручьи расположены под четными.

В отделочном стане (рис. 38 внизу) — 5 ручьев (7, 8, 9, 10 и 11), причем 8-й расположен над 7-м, а 9-й, 10-й и 11-й — в шахматном порядке.

Таблица 20.

№ ручьев	$\frac{ab + cd}{2}$ мм	Средняя величина обжатия мм	Уширение мм
11	11		
10	11,5	0,5	0,2
9	12,5	1,0	0,35
8	14,3	1,8	0,6
7	16,9	2,6	0,9
6	20,6	3,7	1,3
5	26,3	5,7	2,0
4	34,5	8,2	2,9
3	46,5	12,0	4,2
2	59	12,5	4,4
1	85,5	26,5	9,8

$$f = 0,2 \text{ мм.}$$

Уширением 0,2, ввиду незначительности его, пренебрегаем и получаем:

в 11-м ручье ширина верхнего пера 47,5 мм,
ширина нижнего пера 47,5 мм,
в 10-м ручье ширина верхнего пера 47,5 мм,
ширина нижнего пера $47,5 + 5,5 = 53$ мм.

При переходе из 9-го в 10-й ручей верхнее перо 10-го ручья получает сжатие 5,5 мм и уширение 0,35 мм. Следовательно, ширина верхнего пера в девятом ручье должна быть (чтобы в 10-м она оказалась 58,5): $47,5 + 5,5 - 0,35 = 52,65$ мм, или округляем до 52,5 мм.

Нижнее перо в 10-м ручье получает только уширение 0,35 мм. Следовательно в 9-м ручье нижнее перо должно иметь: $53 - 0,35 = 52,65$ мм или, округляя, 52,5 мм.

Так же рассуждая и дальше, получим ширину перьев балки во всех ручьях (см. табл. 21):

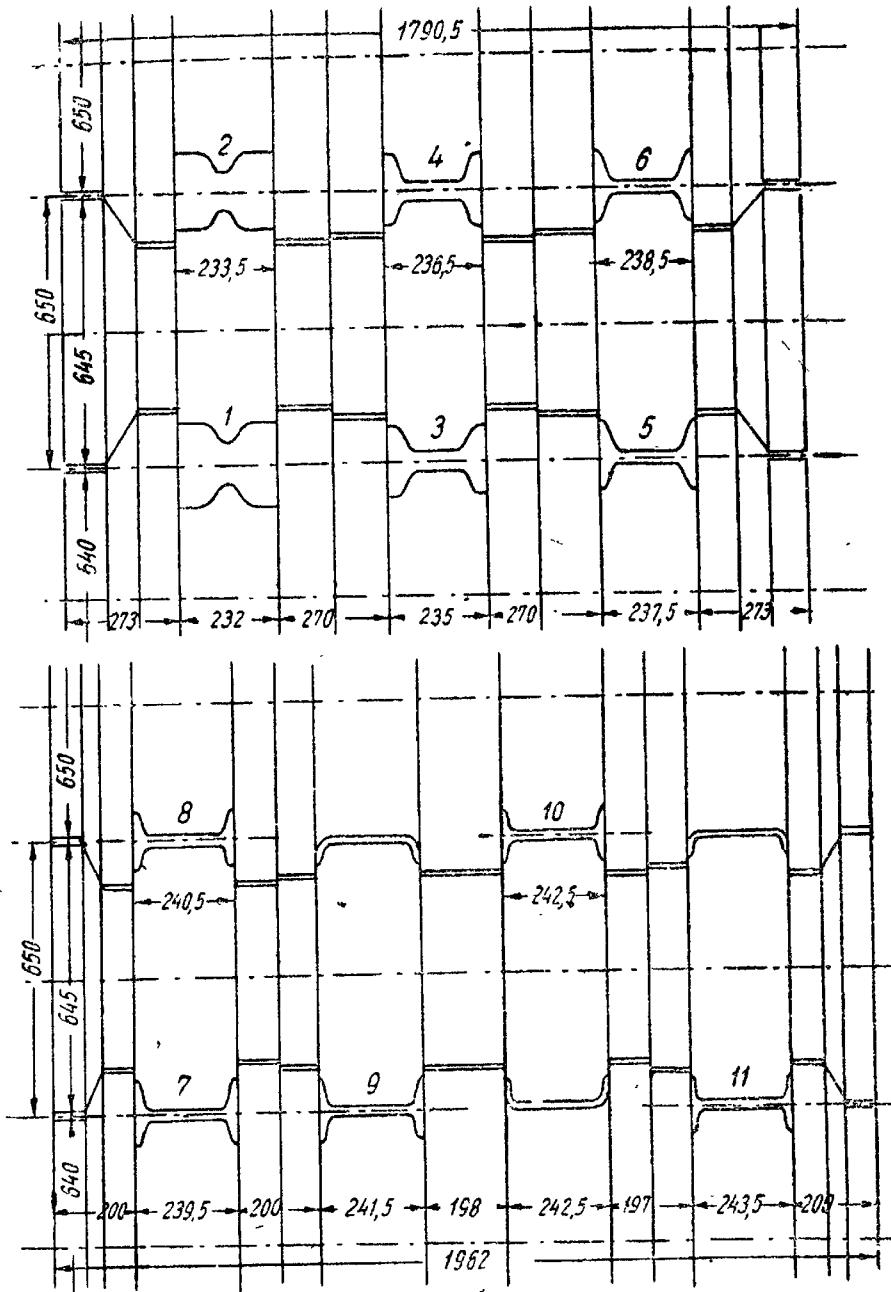


Рис. 38. Калибровка двутавровой балки № 24—240 × 101,8 × 8,7. Расположение подготовительных и отделочных ручьев в валках.

Радиусы закруглений у оснований и у концов перьев в окончательном профиле принимаются согласно сортаменту у основания 8,7 мм и у конца 5,2 мм.

Таблица 21.

№ ручьев	Ширина вер- nego пера мм	Ширина нижнего пера мм
11	47,5	47,5
10	47,5	53
9	52,5	52,5
8	52	57,5
7	56,5	56,5
6	55	60,5
5	58,5	58,5
4	55,5	61
3	57	57
2	52,5	58
1	48,5	48,5

Радиусы закруглений в остальных ручьях вычисляются по тем же коэффициентам, которыми мы пользовались при вычислении толщины ножки балки, за исключением 1-го и 2-го ручьев, где радиусы закруглений у конца пера выбираются на основании практических соображений (см. табл. 22).

Профили двутавровой балки во всех последовательных ручьях вычерчены на рис. 39.

На рис. 40 дан пример калибровки двутавровой балки № 10—100 × 57 × 4,5 (ОСТ 16) в 10 ручьях из заготовки 105 × 84.

Таблица 22.

№ ручьев	Радиусы закруглений		Коэффициенты
	у основания пери	у конца пери	
11	8,7	5,2	1,05
10	9,2	5,5	1,10
9	10,1	6,1	1,15
8	12,7	7,0	1,20
7	15,3	8,4	1,25
6	19,1	10,5	1,30
5	24,8	13,7	1,35
4	33,5	18,5	1,40
3	46,9	25,9	1,45
2	68	37,6	1,50
1	102	56,4	

тех же коэффициентов, что и ручьи балок. Если приходится прибегать к подготовительной клети с фасонными ручьями, то клеть для балок соответствующей высоты вполне подходит и для швеллеров.

В этом случае калибровка от ручья к ручью в отдельном стане построена так, что два верхние пера полу-

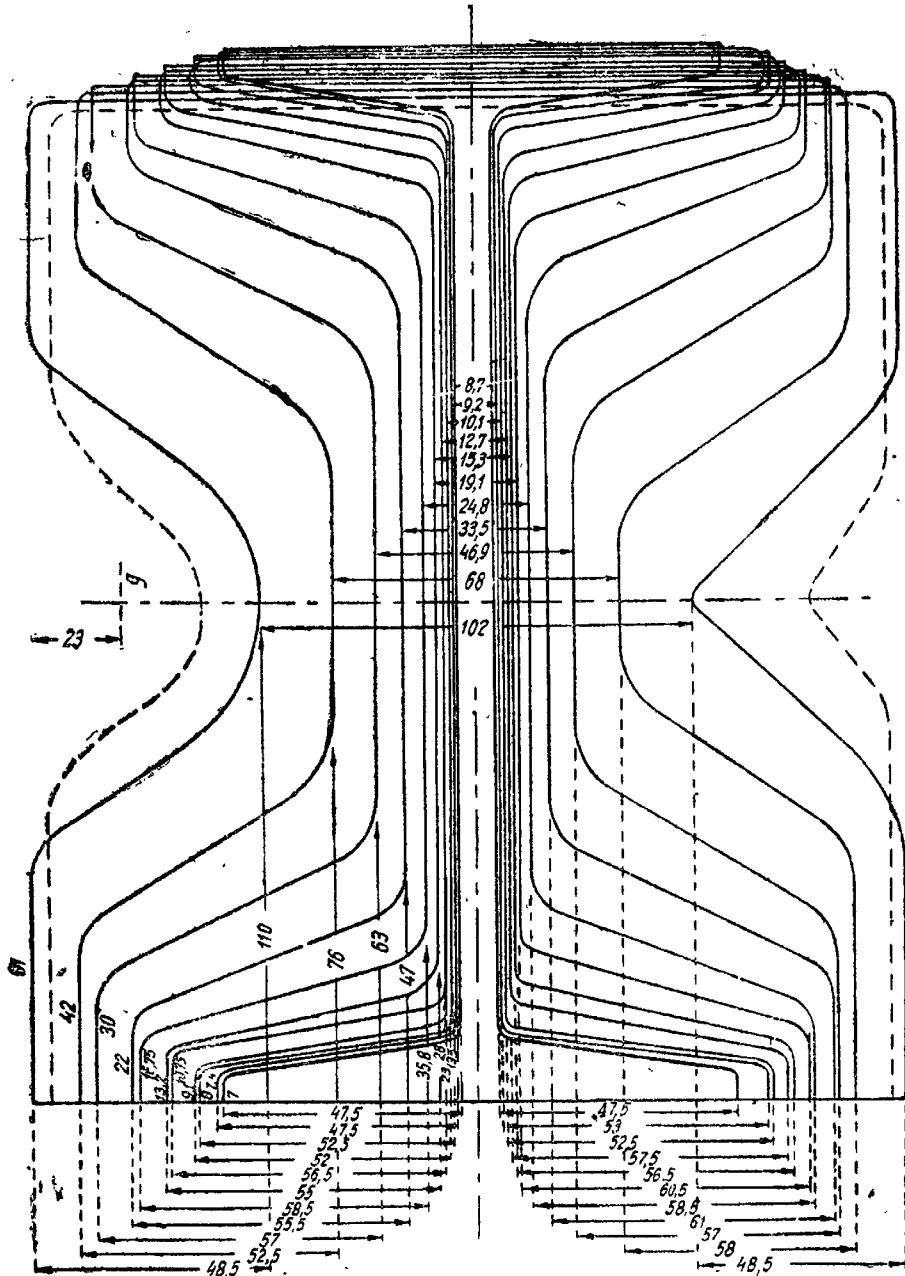


Рис. 39. Калибровка двутавровой балки № 24—240 × 101,8 × 8,7. Профили в последовательных ручьях.

чают постепенно осадку и совершенно исчезают в последнем чистовом ручье.

Перья швеллера вообще шире, чем перья двутавровой балки той же высоты. Например рассмотренная нами выше двутавровая балка № 24 (высота 240 мм) имеет ширину пера $m=47,5$ мм (см. стр. 65).

Швейлер № 24
(высота также 230 мм)
имеет ширину пера
75 мм.

Таким образом только часть ширины верхнего пера балки уничтожается благодаря осадке. В оставшейся же части частицы металла перемещаются из одного пера в другое. Перемещение это равно разности между шириной перьев швеллера и балки, т. е. в приведенном примере $75 - 47,5 = 27,5$ мм.

Швеллеры средних и малых размеров прокатываются, как балки той же высоты при помощи одной отделочной клети с фасонными профилями и подготовительной клети с квадратными или прямоугольными ручьями. Только при прокатке швеллера высотою 160 мм и более приходится прибегать к подготов-

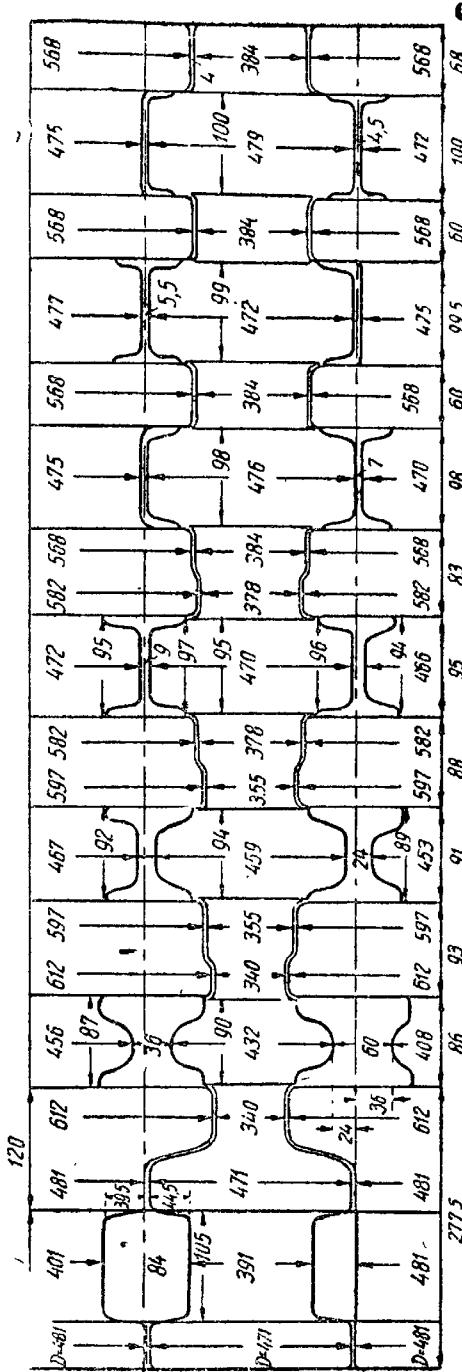


Рис. 40. Калибровка двухтавровой балки № 10—100 × 57 × 4,5. Расположение ручьев в валках.

вительной клети с фасонными ручьми. Как уже было указано, для этой цели может служить клеть для двутавровых балок той же высоты.

Швеллеры высотою 140 мм и менее можно калибровать прямо с помощью ручьев в форме швеллера, начиная от первого же ручья. В этом случае однако необходимо иметь стан с достаточно большими диаметрами валков для возможности легко произвести первую деформацию. В большинстве случаев этого условия не бывает налицо. Чаще прокатку швеллеров производят на станах с валками небольшого диаметра. Поэтому приходится вести калибровку с помощью ручьев по форме, близкой к форме двутавровой балки.

Дополнительные перья (верхние) для уменьшения деформаций в первом ручье называются *ложными перьями, добавочными флянцами или противофлянцами*. Их имеют все ручьи, кроме последнего чистового.

Швеллеры средних и малых размеров высотою 140 мм и ниже прокатывают *прямыми* или *открытыми*.

В первом случае перья перпендикулярны оси ножки. Во втором — перья наклонены к ножке под некоторым углом. В каждом последующем ручье перья постепенно выпрямляются, подобно полкам угольника. В последнем ручье они составляют с ножкой угол $90\frac{1}{2}^\circ$ (не 90° , а $90\frac{1}{2}^\circ$ по той же причине, по которой такой угол дается угольникам, т. е. по причине деформации профиля при остывании).

Переходя дальше к примеру калибровки швеллера, нужно еще указать на особенность, заключающуюся в том, что в отделочном трио ручьи для швеллеров должны быть независимы один от другого. Это означает, что последовательные ручьи расположены в валках трио в шахматном порядке (см. рис. 43), в отличие от порядка, существующего при прокатке двутавровых балок, где в большинстве случаев мы имеем попарно два соседние ручья один над другим. Такое отличие для швеллеров объясняется трудностью перекантовывать швеллер на 180° после прохода через каждый ручей, что было бы необходимо, если принять расположение ручьев одинаковое с двутавровыми балками.

*Калибровка швеллера № 14 — 140 × 60 × 7 × 10,5*¹ (рис. 41). Этот профиль прокатывают на стане с диаметром валков от 500 до 560 мм (принимаем средний диаметр $d = 540$ мм) в 7 фасонных ручьях. Подготовительная клеть фасонных ручьев не имеет.

В нашем примере холодный профиль имеет размеры:

$$H = 140; \quad M = 60; \\ u = 7; \quad t = 10,5;$$

Перья имеют толщину у основания $ab = 11,5$ мм и у конца $cd = 7,5$ мм.

Горячий профиль швеллера получится умножением ширины ножки и перьев на 1,015 (усадкой u и t пренебрегаем). Получается:

$$H = 142; \quad M = 61; \quad u = 7; \quad ab = 11,5; \quad cd = 7,5.$$

Ширина пера в последнем ручье равна:

$$M - u = 61 - 7 = 54 \text{ мм.}$$

Эту ширину для действительных перьев мы сохраняем во всех ручьях (см. рис. 42). Всю же осадку в последовательных ручьях мы наносим по другую сторону ножки на ложные перья. Таким образом калибуруемый профиль в первом фасонном ручье напоминает двутавровую балку с несимметричными перьями. В следующих ручьях ложные перья получают постепенно осадку, приближаясь к профилю швеллера. Ширина ложных перьев равна нулю в последнем (в данном примере в 7-м) ручье. Таким способом калибровки с помощью ложных перьев облегчается деформация металла при прокатке, так как она распределяется между двумя сторонами ножки. Было бы значительно труднее получить ту же деформацию с одной стороны ножки. Потребовался бы стан с большими диаметрами валков (более глубокие врезы в тело одного валка сильнее ослабляют последний, см. на стр. 15 главу „Толщина болванки и диаметр валков“).

Ширину ложных перьев мы должны выбрать такой, чтобы она равнялась сумме припусков на осадку во всех ручьях.

Осадка перьев в каждом ручье задается равной теоретическому „сжатию“ пера вследствие неодинаковых скоростей частицы металла в закрытом ручье минус уширение от бокового обжатия ($n - f$, см. стр. 64).

Согласно стр. 63 $n = R - p - m$.

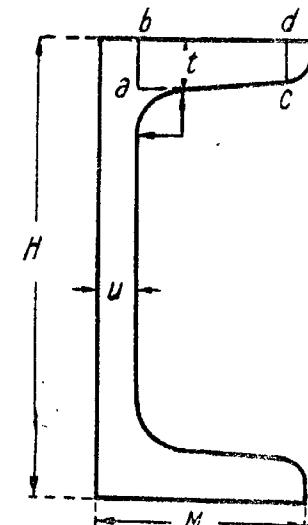


Рис. 41. Швеллер.

В нашем примере $R = \frac{D}{2} = \frac{540}{2} = 270$, $m = 54$, $p = 209$, и следовательно, $n = 270 - 209 - 54 = 7$ мм.

При определении ширины ножки в последовательных ручьях, рассматриваем ножку, как обыкновенную полосу и задаем уширения, пользуясь практическими правилами, а именно увеличиваем H в 1-м и 2-м ручьях на 2,5 мм в каждом, в 3-м и 4-м ручьях — на 1,5 мм в каждом и в 5-м и 6-м на 1 мм в каждом (см. табл. 23).

Толщина ножки в последовательных ручьях изменяется соответственно коэффициентам вытяжки, которые в свою очередь изменяются по прогрессии.

Обыкновенно коэффициент вытяжки для ножки в первом ручье берут $K = 1,6$, тогда разность прогрессии будет:

$$\frac{1.6 - 1}{7 - 1} = 0,1$$

и все коэффициенты вытяжки в последовательных ручьях для ножки легко получить. Они также помещены в таблицу.

Разность прогрессии для получения коэффициентов вытяжки перьев уменьшается на 10% (как и для двутавровой балки), т. е. эта разность прогрессии равна 0,09. По этой разности легко найти коэффициент вытяжки для перьев в каждом ручье и соответствующие толщины перьев.

Теперь можно составить таблицу.

Таблица 23.

№ ручьев	Ширина ручьев H	Коэффициент вытяжки для ножки	Толщина ножки n	Коэффициент вытяжки для перьев	Толщина перьев		Средняя толщина перьев $\frac{ab + cd}{2}$	Средняя величина обжатия перьев	Уширение от бокового обжатия f	Ширина ложного пера
					у основания ab	у конца cd				
7	142	1,1	7	1,09	11,5	7,5	9,5	0,9	0,3	0
6	141	1,2	7,7	1,18	12,5	8,2	10,4	1,9	0,7	6,7
5	140	1,2	9,2	1,27	14,8	9,7	12,3	3,3	1,2	13
4	138,5	1,3	12	1,36	18,8	12,3	15,6	5,6	2,0	18,8
3	137	1,4	16,8	1,45	25,6	16,7	21,2	9,5	3,3	23,8
2	134,5	1,5	25	1,54	37,1	24,2	30,7	16,5	4,8	7,5
1	132	1,6	40		57,1	37,3	47,2			29,7

Способ составления первых семи вертикальных столбцов пояснен выше. Поясним теперь, как составлены столбцы 8-й, 9-й, 10-й и 11-й.

¹ $p = \sqrt{270^2 - 2 \times 54 \times 270} = 209$ (см. прим. на стр. 63).

Нахождение средней толщины перьев (столбец 8-й) не представляет затруднений.

Например для 7-го ручья

$$\frac{ab + cd}{2} = \frac{11,5 + 7,5}{2} = 9,5 \text{ мм},$$

для 6-го ручья

$$\frac{ab + cd}{2} = \frac{12,5 + 8,2}{2} = 10,4 \text{ мм и т. д.}$$

Средняя величина обжатия (столбец 9-й) находится вычитанием между двумя соседними числами предыдущего столбца.

Например среднее обжатие в 7-м ручье будет $10,4 - 9,5 = 0,9$ мм, в 6-ом ручье $12,3 - 10,4 = 1,9$ мм и т. д.

Величины уширения от бокового обжатия f (столбец 10-й) получаются умножением средней величины обжатия перьев в каждом ручье на 0,35.

Например уширение в 7-м ручье $f = 0,35 \times 0,9 = 0,3$ мм, в 6-м ручье $f = 0,35 \times 1,9 = 0,7$ и т. д.

Ширина ложного пера (столбец 11-й) в каждом ручье находится следующим образом: в 7-м ручье ширина ложного пера равна нулю, в 6-м ручье эта величина равна припуску на осадку (сжатие минус уширение) $n - f = 7 - 0,3 = 6,7$ мм.

В 5-м ручье к этой величине 6,7 нужно прибавить припуск на осадку $7 - 0,7$, т. е. ширина ложного пера равна $6,7 + 7 - 0,7 = 13$ мм.

В 4-м ручье ширина ложного пера равна $13 + 7 - 1,2 = 18,8$ и т. д.

На рис. 42 показаны профили швеллера № 14 — 140 × 60 × 7 × 10,5 в последовательных ручьях, а на рис. 43 — расположение ручьев в валках.

Рельс. Здесь будет рассмотрена калибровка рельса железнодорожного типа.

Профиль рельса несимметричен относительно горизонтальной оси. Он имеет толстую головку и тонкую, широкую пяту. Сечение головки рельса обыкновенно составляет около 45%, шейки — около 20% и пяты — около 35% всего сечения.

Известно, что структура ¹ прокатанного металла помимо химического состава зависит от температуры, при которой

¹ Внутреннее строение металла, наблюдаемое невооруженным глазом или под микроскопом.

заканчивается прокатка и отчасти от температуры нагрева болванки, поступающей в прокатку.

При этом надо иметь в виду, что температура прокатываемого металла неодинакова по всему сечению профиля. В центральных и более толстых частях температура всегда выше, чем в наружных и тонких частях профиля. В профилях симметричных и не имеющих частей, резко отличающихся по толщине, как например в двутавровой балке, разница в температуре разных частей профиля незначительна.

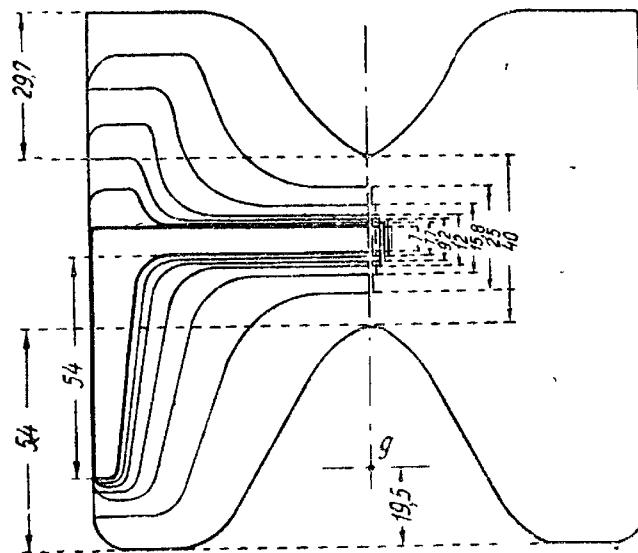


Рис. 42. Калибровка швейлера № 14— $140 \times 60 \times 7 \times 10,5$.
Профили в последовательных ручьях.

Другое дело в рельсе. Здесь температура головки и особенно центральной ее части значительно выше температуры наружных частей головки, шейки и пяты. Особенно низкая температура бывает в быстро остывающих концах подошвы, так как эти концы обыкновенно очень тонки и доходят в некоторых типах рельсов до 7 мм.

Исследования, проведенные над рельсами, показали, что хорошая служба рельса связана с однородным и мелко-зернистым строением головки.

Такое строение головки получается, если вести прокатку при сравнительно низких температурах. Для этого надо либо слабо нагревать рельсовую болванку, либо искусственно охлаждать металл во время прокатки ($700-800^{\circ}$ при окончании прокатки). Но при низких температурах тон-

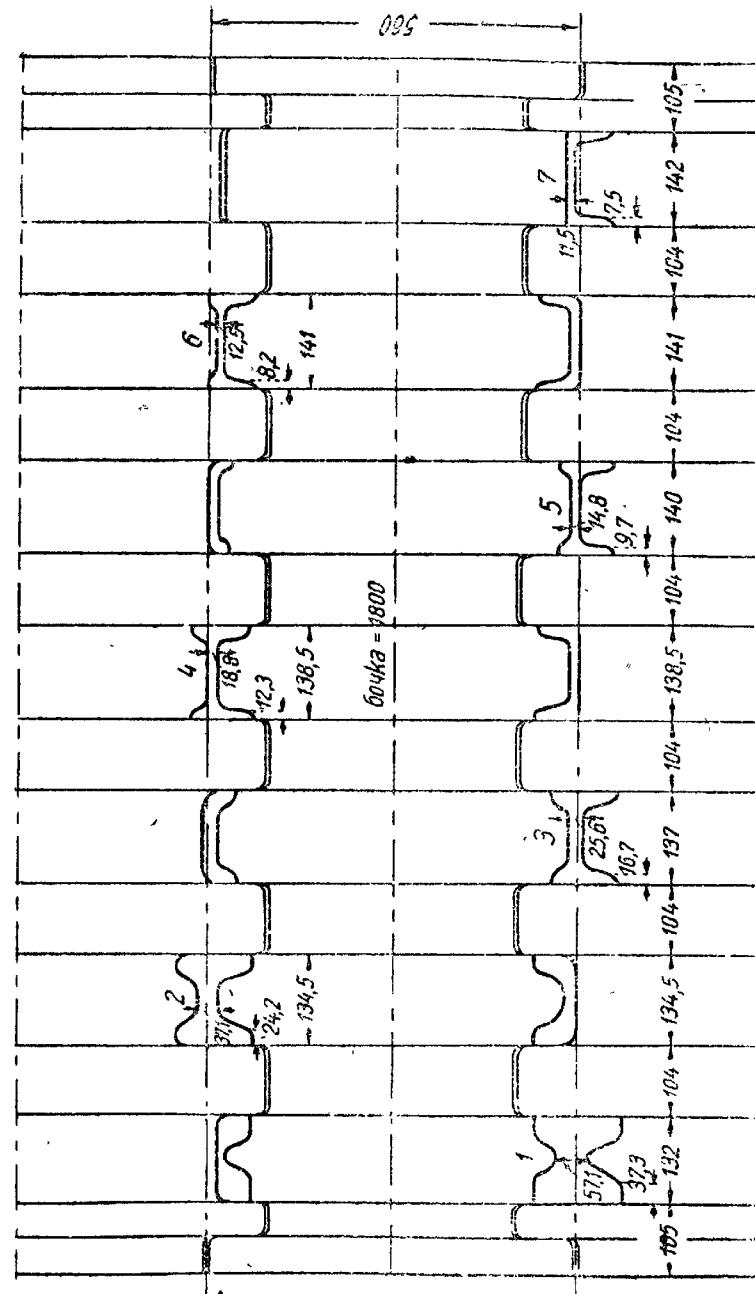


Рис. 43. Калибрюска швейлера № 14—140 × 60 × 7 × 10⁵. Расположение отверстий в балке

кие части профиля (края пяты) будут слишком сильно охлаждаться. При проходе через последние ручьи температура в этих местах может понизиться до 400° . При этой температуре металл уже мало пластичен, крайне трудно поддается обработке давлением, и потому имеется большая вероятность появления трещин на краях пяты. Из сказанного ясно, что с точки зрения прокатки наилучшим профилем рельса будет тот, который остывает наиболее равномерно, т. е. в котором металл распределен равномерно. С этой целью стараются уменьшить разницу в сечениях головки, шейки и пяты, увеличивая сечение последней и делая в ней перелом (рис. 44). В этом отношении наилучшие результаты достигнуты в американских рельсах, у которых 40% всего сечения приходится на головку, 38% на пяту и 22% на шейку.

Для примера рассмотрим калибровку же-лезнодорожного рельса типа IIIА по НКПС, имеющего вес 33,48 кг в погонном метре. Главные размеры этого рельса указаны на рис. 44.

При калибровке рельсов ручьи могут горизонтальные и вертикальные (ребровые). Сжатия рельса по высоте и для уширения пяты. Но они замедляют прокатку, вследствие чего металл охлаждается и теряет в значительной мере свои пластические свойства, необходимые ему для дальнейшей прокатки. Поэтому вся калибровка рельса строится главным образом на горизонтальных ручьях, а к вертикальным прибегают лишь в крайнем случае.

Выше было указано, что прокатку рельсов ведут при сравнительно низкой температуре во избежание получения крупно-зернистого строения головки. Кроме того в совре-

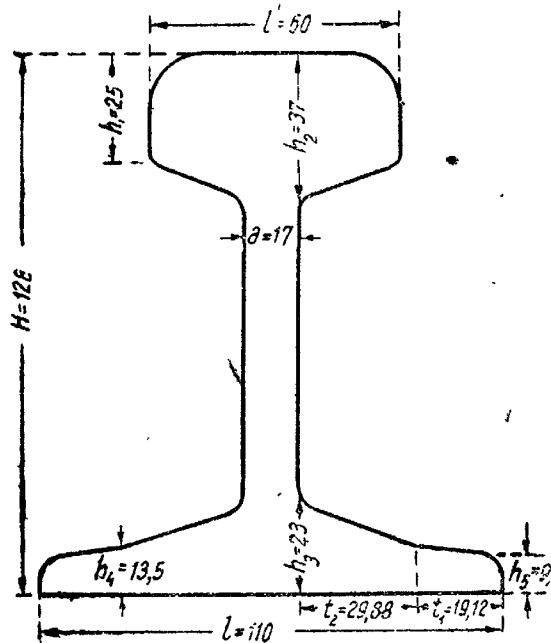


Рис. 44. Профиль и главные размеры рельса типа IIIА.

Вертикальные служат для сильного сжатия рельса по высоте и для уширения пяты. Но они замедляют прокатку, вследствие чего металл охлаждается и теряет в значительной мере свои пластические свойства, необходимые ему для дальнейшей прокатки. Поэтому вся калибровка рельса строится главным образом на горизонтальных ручьях, а к вертикальным прибегают лишь в крайнем случае.

Выше было указано, что прокатку рельсов ведут при сравнительно низкой температуре во избежание получения крупно-зернистого строения головки. Кроме того в совре-

менных рельсопрокатных рельсы катают с одного нагрева так, что болванка, будучи обжата в блюминге, поступает на рельсовый стан несколько остывшей. Все это говорит за то, что коэффициент вытяжки при прокатке рельсов нельзя брать слишком высокий (не более 1,5). Поэтому из осторожности мы будем в дальнейшем применять коэффициент вытяжки не выше 1,4.

Уклон плоскостей нижнего очертания головки и перехода от шейки рельса к пяте = 52% (т. е. на каждый миллиметр высоты отклонение в сторону 0,52 мм). Уклоны пяты от перелома пяты до ее края = 10% (на каждый миллиметр протяжения параллельно подошве рельса отклонение книзу на 0,10 мм). Как видно, толщина головки и толщина у основания пяты значительно больше толщины шейки.

Так же как при калибровке двутавровой балки мы принимали разные коэффициенты вытяжки в перьях и в ножке балки с целью получить однообразную вытяжку во всех точках сечения профиля, так и в рельсе следует учитывать, что при горизонтальном положении профиля одновременно с обжатием шейки обжимается также пята и головка. Поэтому приходится в пяте и головке принимать коэффициенты вытяжки меньшие, чем в шейке.

Изучая вопрос о вытяжке в разных частях профиля рельсов, нашли, что однообразная степень вытяжки в шейке, основании пяты и головке (т. е. толстых частях профиля) получается тогда, когда коэффициент вытяжки, заданный в шейке, больше коэффициента вытяжки в головке и в основании пяты на 25%.

В отношении краев пяты и толщины средней ее части (в точке перелома) опыты установлено, что вытяжка их будет одинакова с вытяжкой шейки, если соответствующие коэффициенты вытяжки умножить на 0,9 (как это мы делали при калибровке двутавровой балки).

На основании приведенных соображений мы получим три прогрессии для трех различных коэффициентов вытяжки в разных частях профиля рельса.

Взятый для примера профиль рельса мы предлагаем прокатывать в стане дуореверсивном с диаметром валков $d = 850$ мм.

Число фасонных ручьев мы примем 9, что является наименьшим допустимым для нашего примера. 2-й ручей — вертикальный, остальные горизонтальные.

Определяем разность первой прогрессии (для вычисления коэффициентов вытяжки в шейке). Наибольший коэффициент вытяжки принимаем, как было указано выше, — 1,4.

Согласно изложенному на стр. 19, разность первой прогрессии будет

$$r_1 = \frac{1,4 - 1}{9 - 1} = 0,05.$$

Разность второй прогрессии (для головки и основания пяты)

$$r_2 = 0,05 \times 0,75 = 0,0375.$$

Разность третьей прогрессии (для краев пяты и средней ее части)

$$r_3 = 0,05 \times 0,9 = 0,045.$$

По этим разностям определяем коэффициенты вытяжки для указанных мест сечения рельса во всех ручьях:

Таблица 24.

№ ручьев	Коэффициенты вытяжки		
	Для шейки	Для головки и основания пяты	Для краев и средней части пяты
9	1,05	1,0375	1,045
8	1,1	1,075	1,09
7	1,15	1,1125	1,135
6	1,2	1,15	1,18
5	1,25	1,1875	1,225
4	1,3	1,225	1,27
3	1,35	1,2625	1,315
2	1,4	1,30	1,36

Определим теперь горячий профиль рельса, приняв во внимание коэффициент усадки = 1,015.

Получим:

Высота $H = 128 \times 1,015 =$ около 130 мм,

Ширина пяты $l = 110 \times 1,015 =$ ", 111,5 мм,

Ширина головки $l' = 60 \times 1,015 =$ ", 61 мм.

Теперь можно приступить к определению главных размеров ручьев. Ввиду того что определение этих размеров для всех ручьев производится одинаковым способом, мы покажем вычисления только для 8-го и 7-го ручьев. Для прочих же ручьев мы ограничимся помещением результатов в табл. 25.

Толщина шейки a в 9-м ручье должна быть 12 мм.

В 8-ом ручье она $12 \times 1,05 = 12,5$ мм, в 7-м — $12,5 \times 1,1 = 14$ мм и т. д.

Толщину пяты требуется определить в трех местах: у края — h_5 , в середине — h_4 и у основания — h_3 .

Пользуясь соответственными коэффициентами, находим:
Для толщины h_5

$$\begin{aligned} \text{в 9-м ручье } h_5 &= 9,5 \text{ мм,} \\ \text{в 8-м } h_5 &= 9,5 \times 1,045 = 9,9 \text{ мм,} \\ \text{в 7-м } h_5 &= 9,9 \times 1,09 = 10,8 \text{ мм} \end{aligned}$$

для толщины h_4

$$\begin{aligned} \text{в 9-м ручье } h_4 &= 13,5 \text{ мм,} \\ \text{в 8-м } h_4 &= 13,5 \times 1,045 = 14 \text{ мм,} \\ \text{в 7-м } h_4 &= 14,5 \times 1,09 = 15,2 \text{ мм;} \end{aligned}$$

для толщины h_3

$$\begin{aligned} \text{в 9-м ручье } h_3 &= 23 \text{ мм,} \\ \text{в 8-м } h_3 &= 23 \times 1,0375 = 23,9 \text{ мм,} \\ \text{в 7-м } h_3 &= 23,9 \times 1,075 = 25,7 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Для головки рельса определяем толщину у основания — h_2 и у края — h_1 :

для толщины h_2

$$\begin{aligned} \text{в 9-м ручье } h_2 &= 37 \text{ мм,} \\ \text{в 8-м } h_2 &= 37 \times 1,0375 = 38,4 \text{ мм,} \\ \text{в 7-м } h_2 &= 38,4 \times 1,075 = 41,3 \text{ мм;} \end{aligned}$$

для толщины h_1

$$\begin{aligned} \text{в 9-м ручье } h_1 &= 25 \text{ мм,} \\ \text{в 8-м } h_1 &= 25 \times 1,0375 = 26 \text{ мм,} \\ \text{в 7-м } h_1 &= 26 \times 1,075 = 28 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Произведя такие же вычисления для всех ручьев, получим следующую таблицу.

Таблица 25.

№ ручьев	Шейка		Пята				Головка	
	Коф. вытяжки	a	Коф. вытяжки	h_5	h_4	Коф. вытяжки	h_3	h_2
9	1,05	12	1,045	9,5	13,5	1,0375	23	37
8	1,1	12,5	1,09	9,9	24	1,075	23,9	38,4
7	1,15	14	1,09	10,8	15,2	1,075	25,7	41,3
6	1,15	14	1,135	12,2	17,3	1,1125	28,6	41,3
5	1,2	16,1	1,18	12,2	17,3	1,15	28,6	46
4	1,25	19,4	1,18	14,4	20,4	1,1875	32,9	52,8
3	1,25	19,4	1,225	17,6	25	1,1875	39,1	55,9
2	1,3	24,3	1,225	17,6	25	1,225	39,1	62,8
1	1,35	31,6	1,27	22,4	31,8	1,225	48	77
8	1,4	58 (42,7)	1,315	22,4 (29,5)	31,8 (41,8)	1,2625	48 (60,5)	76,5 (97,1)
7		60	1,36	26 (40,1)	36 (57)	1,3	50 (78,5)	100 (126)
								52,3 (66,1)
								100 (86)

Примечание. При нанесении размеров с таблицы на чертеж (рис. 45) числа округлены до четвертей мм.

В 1-м и 2-м ручьях числа, определенные теоретически, поставлены в скобках, а рядом не в скобках поставлены числа, которые следует принять. Объяснение этой замены будет дано ниже.

Далее определим ширину пяты и головки рельса. Для этого вычислим теоретическую величину сжатия n , а также уширения f , вызываемых боковыми давлениями при переходе от одного ручья к другому.

Принимая те же обозначения, что и для двутавровой балки (см. стр. 63), имеем для пера рельса $n = R - p - m$.

В данном примере

$$R = \frac{850}{2} = 425 \text{ мм},$$

$$m = \frac{111,5 - 12}{2} = 49,75 \text{ мм.}$$

p определяется на основании формулы, приведенной в примечании на стр. 63, и равно 372 мм.¹

Тогда $n = 425 - 372 - 49,75 = 4,25 \text{ мм.}$

Величины боковых обжатий и в результате их уширений f , на которые нужно уменьшить n , чтобы получить действительное сжатие n' пера, получаются из следующей таблицы:

Через закрытый ручей проходят поочередно то нижнее, то верхнее перо пяты рельса. Поэтому полная ширина подошвы должна быть изменена на удвоенную величину уширения пера, принимая в расчет уширение обоих ручьев пяты рельса.

Кроме того шейка рельса, постепенно уменьшаясь в толщине, также оказывает боковое давление, а потому ширина пяты увеличивается и на эту величину.

Для разных ручьев эта величина приведена в табл. 27.

Теперь можно определить ширину пяты в каждом ручье, зная эту ширину в последующем ручье.

¹ $p = \sqrt{425^2 - 2 \cdot 425 \cdot 49,75} = 372 \text{ мм.}$

Ширина пяты в 9-м ручье $l_9 = 111,5 \text{ мм.}$

Ширина пяты в 8-м, 7-ом, 6-м и т. д. ручьях будет:

Таблица 27.

№ ручьев	Толщина шейки	Боковое обжатие
9	12	1,5
8	12,5	1,5
7	14	2,1
6	16,1	3,3
5	19,4	3,3
4	24,3	4,9
3	31,6	7,3

Полная ширина головки рельса определяется на основании тех же соображений. Только здесь можно пренебречь уширениями, так как при значительной толщине головки уширение ее очень мало влияет на величину сжатия.

Ширина головки в 9-м ручье $l_9 = 61 \text{ мм.}$

Ширина головки в 8-м, 7-м, 6-м и т. д. ручьях будет:

$$l'_8 = 61 + 4,25 + 0,5 \cong 65,5 \text{ мм,}$$

$$l'_7 = 66 + 4,25 + 1,5 \cong 71,75 \text{ мм,}$$

$$l'_6 = 72 + 4,25 + 2,1 \cong 78 \text{ мм,}$$

$$l'_5 = 78,5 + 4,25 + 3,3 \cong 85,75 \text{ мм,}$$

$$l'_4 = 86 + 4,25 + 4,9 \cong 95 \text{ мм,}$$

$$l'_3 = 95 + 4,25 + 7,3 \cong 106,5 \text{ мм.}$$

Ширину ручьев (высота рельса) увеличиваем постепенно на 0,5—1 мм и только в первом проходе принимаем ее пока равной высоте рельсовой заготовки, которая имеет поперечное сечение 150 × 150 мм. На основании всего сказанного можно составить табл. 28.

В этой таблице требуют пояснения величины для 1 и 2 ручьев.

Вернемся к таблице на стр. 81. Мы видим, что в 3-м ручье сумма толщин у основания пера и головки (см. рис. 44) равна $h_3 + h_2 = 48 + 77 = 125 \text{ мм}$ (см. также рис. 45).

Итак, для того,

чтобы ширина ручья (т. е. высота рельса) в последнем 9-м ручье была 130 мм, необходимо, чтобы в 3-м ручьеши-

ширина эта равнялась 125 мм. Во 2-м ручье (вертикальном) высота калибра должна быть менее ширины калибра 3-го, т. е. менее 125 мм. Берем 124,5 мм.

Мы исходили из заготовки 150×150 мм.

В 1-м ручье мы не даем металлу уширения, а обжимаем заготовку на $150 - 125 = 25$ мм.

На основании последней таблицы ясно, почему мы несколько изменили (против вычисленных) толщину головки и пяты в 1-м и 2-м ручьях (см. табл. 25 на стр. 81).

Действительно, для 2-го ручья мы имеем по вычислению $h_3 + h_2 = 60,5 + 97,1 = 157,7$ мм, а высота ручья 124,5 мм, что невозможно.

Для 1-го ручья мы имеем по вычислению $h_3 + h_2 = 78,5 + 126 = 204,5$ мм, а ширина ручья 150 мм, что также невозможно.

Поэтому, вместо полученных значений h_3 и h_2 , поставленных в скобки (табл. 25 на стр. 81), мы берем:

для 1-го ручья $h_3 + h_2 = 150 = 50 + 100$

для 2-го ручья $h_3 + h_2 = 124,5 = 48 + 76,5$.

Для 3-го ручья сумма $h_3 + h_2$ в точности равна ширине ручья. Для 4-го, 5-го и т. д. ручьев сумма $h_3 + h_2$ меньше ширины ручья, что и должно быть в действительности (см. рис. 45).

Например для 4-го ручья: $h_3 + h_2 = 39,1 + 62,8 = 101,9$ мм, ширина же 4-го ручья — 125,5 мм.

Переходим к определению ширины нижних и верхних перьев головки и пяты рельса в последних семи ручьях.

Из рис. 46 видно, что каждое перо пятых рельса состоит из двух величин:

1) $t_1 = 19,12$ MM

$$2) t_2 = 29,88 \text{ MM}$$

49 MM.

Ширина пяты l в горячем профиле = 111,5 мм, следовательно ширина каждого пера пяты

$$m = \frac{111,5 - 12}{2} = 49,75 \text{ мм (см. также стр. 82).}$$

При дальнейших расчетах будем для простоты принимать, что меняет свою величину в ручьях только часть пера t_1 , часть же t_2 своей величины не меняет.

Тогда ширина нижнего и верхнего перьев в 9-м ручье составится из $t_1 = 19.87$ мм и $t_2 = 29.88$ мм.

Пусть нижнее перо в этом ручье находится в закрытой

части ручья (см. рис. 47), и потому величина t_1 в 8-м ручье будет $t_1 = 19,87 + n'$, где n' действительное сжатие пера

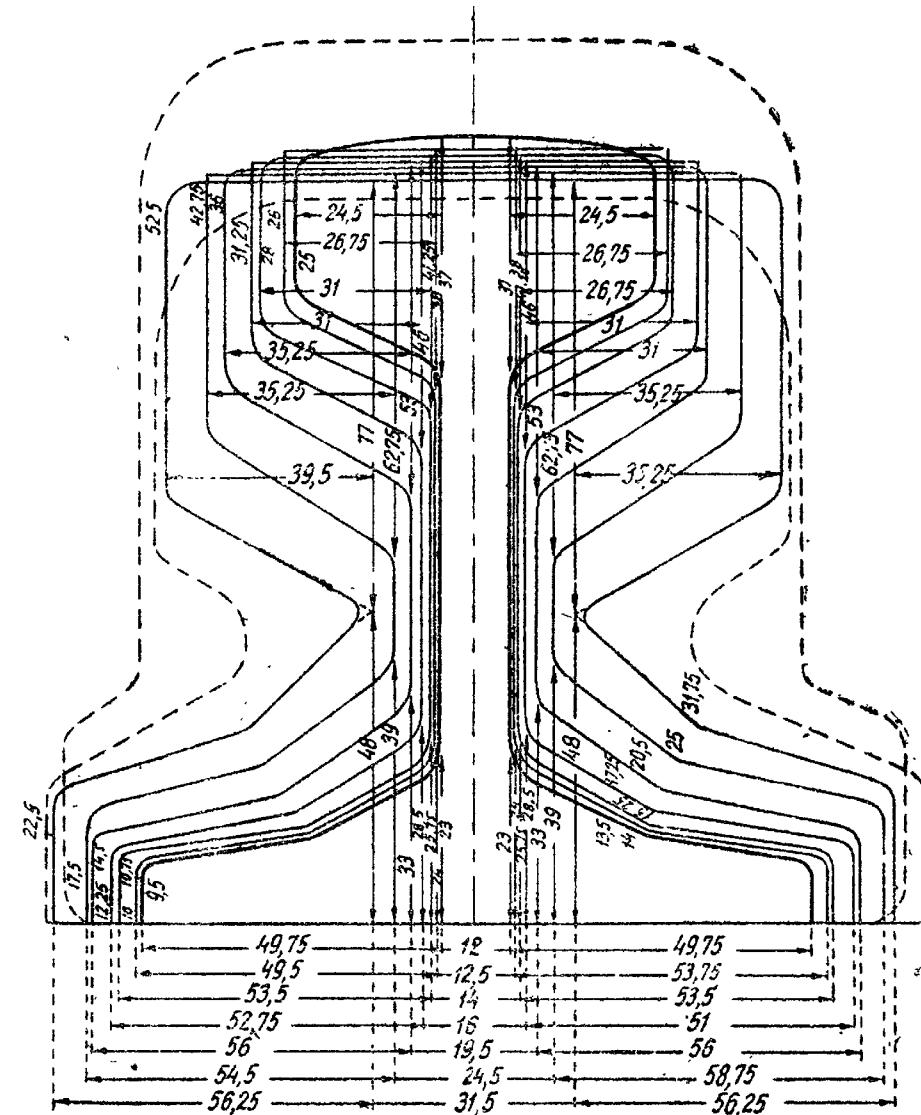


Рис. 45. Калибровка рельса типа IIIА. Профили в последовательных ручьях.

(за вычетом уширения, см. стр. 82). $19,75 + n' = 19,87 + 4,25 - 0,175 \approx 24$ мм (округляем до четвертей мм).¹⁴

Верхнее перо входит в открытую часть ручья, а потому в 8-м ручье оно может быть уменьшено на величину уширения. Следовательно для него $t_1 = 19,87 - 0,175 \approx 19,75$ мм.

В 7-м ручье будет обратное явление:
для нижнего пера $t_1 = 24 - 0,42 \cong 23,5$ мм (см. табл. 26
на стр. 82), а для верхнего $t_1 = 19,75 + 4,25 - 0,42 \cong 23,5$ мм.

Подобными рассуждениями находятся величины t_1 для
нижнего и верхнего перьев во всех ручьях.

В каждом ручье полная ширина пера равняется сумме
соответственных значений t_1 и t_2 .

Результаты подсчетов вписываем в табл. 29:

Таблица 29.

№ ручьев	П и т а					
	верхнее перо			нижнее перо		
	t_1	t_2	t_1+t_2 округ.	t_1	t_2	t_1+t_2 округ.
9	19,87	29,88	49,75	19,87	29,88	49,75
8	19,75	29,88	49,5	24	29,88	53,75
7	23,5	29,88	53,5	23,5	29,88	53,5
6	22,75	29,88	52,75	27	29,88	57
5	26	29,88	56	26	29,88	56
4	24,5	29,88	54,5	28,75	29,88	58,75
3	26,25	29,88	56,25	26,25	29,88	56,25

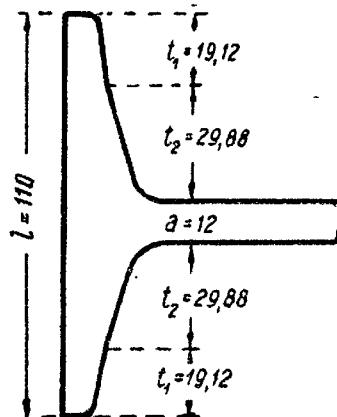


Рис. 46. Перья пяты рельса типа IIIA.

Определение ширины перьев головки производится на основании тех же соображений, но с тою разницей, что здесь пре-небрегают уширением головки и принимают в расчет только сжатие $n = 4,25$ (см. стр. 82).

Это делается на том же основании, как и при определении полной ширины головки, т. е. чтобы получить по возможности одинаковую степень вытяжки.

Ширина обоих перьев в 9-м ручье равна

$$\frac{61 - 12}{2} = 24,5 \text{ мм.}$$

В 8-м ручье делаем перья также симметричными, увеличивая каждое на

$$\frac{n}{2} = \frac{4,25}{2} \cong 2,25 \text{ (с округлением до четверти мм).}$$

Для 7-го, 6-го и т. д. ручьев поступают, как и ранее,

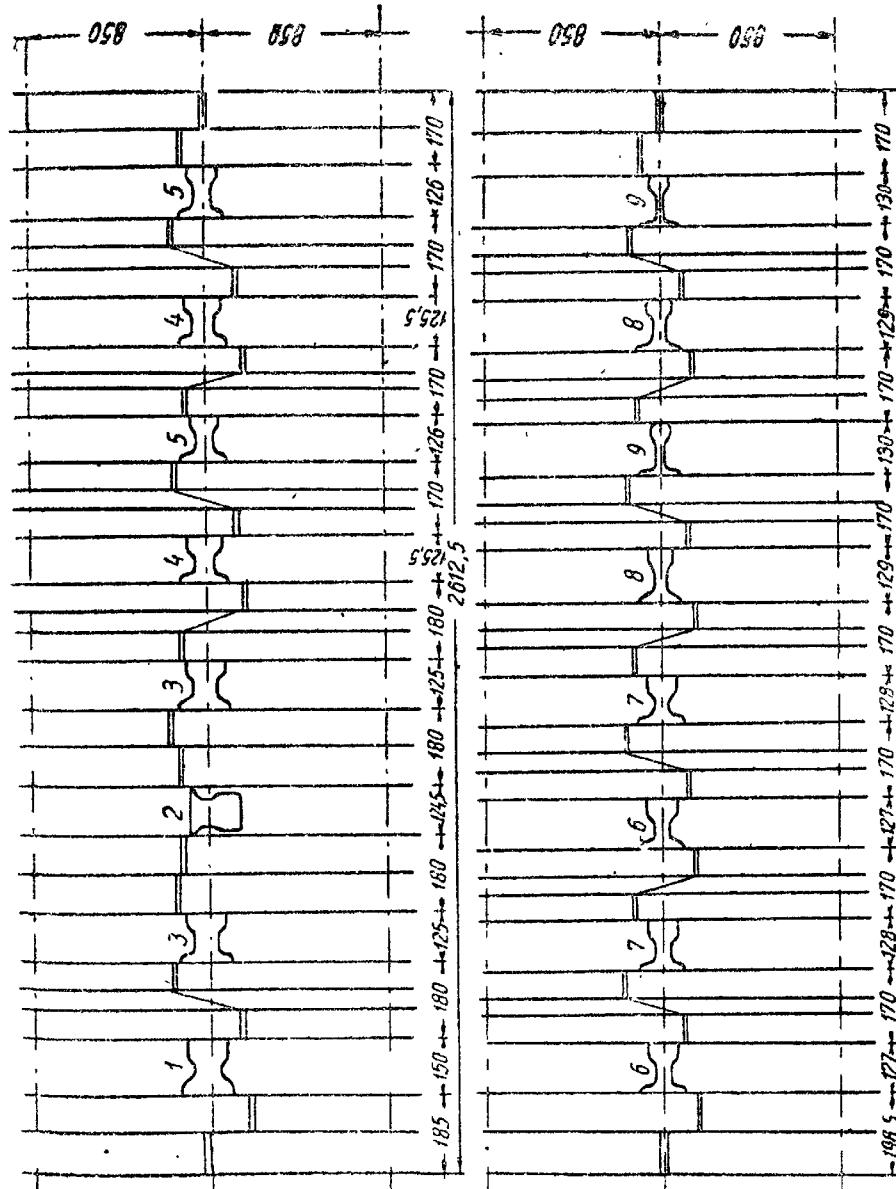


Рис. 47. Калибровка рельса типа IIIA. Расположение ручьев в валках.

т. е. сообразуются с тем, входит ли данное перо головки в закрытую или открытую часть ручья (см. рис. 47).

Результаты таких подсчетов помещены в таблице 30.

Таблица 30.

№ ручьев	Толовка	
	Ширина верхнего пера	Ширина нижнего пера
9	24,5	24,5
8	26,75	36,75
7	31	26,75
6	31	31
5	35,25	31
4	31,25	35,24
3	39,5	35,25

Радиусы закруглений для всех ручьев рельса определяются тем же способом, как и при калибровке двутавровой балки.

Все размеры, полученные вычислениями и собранные в таблицы, нанесены на чертеж рис. 45, а ширина ручьев и на рис. 47. Последний чертеж показывает расположение ручьев в валках. Все ручьи кроме 1-го и 2-го сделаны в двойном числе.

Тавровая балка. Прокатка этого профиля представляет большие затруднения, особенно в первых ручьях. Она требует тщательного изготовления валков.

В большинстве ручьев полка С таврового профиля (рис. 48a) располагается горизонтально, а перья А и В вертикально (прокатка пластом). В некоторых же ручьях приходится полку С ставить в вертикальное положение (рис. 48b) (прокатка на ребро).

При прокатке тавра в каждом ручье только одна часть профиля удлиняется под действием обжима валками. Другая же часть профиля скорее вытягивается, благодаря скреплению частиц металла. Из этого следует, что прокатка этого профиля требует очень хорошего качества металла, легко деформирующегося, иначе неизбежны рванины. Это обстоятельство естественно удорожает тавровый профиль.

Как и при калибровке других профилей следует и в данном случае стремиться достигнуть одинаковой вытяжки во всех частях профиля.

При расположении профиля пластом можно тавр рассматривать как половину двутавровой балки, т. е. балку

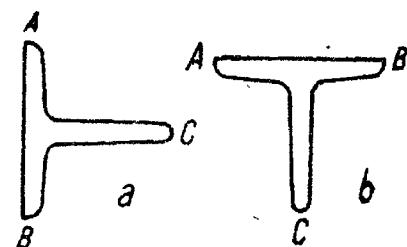


Рис. 48. Тавровая балка: а — расположение „пластом”, б — расположение ребром.

с одной парой перьев А и В. Все главные размеры в этих ручьях вычисляются, как для двутавровой балки.

Число ручьев зависит от размеров тавра и особенно от ширины перьев, которые соответствуют перьям двутавровой балки. Число ручьев для двутавровой балки с определенной шириной перьев подойдет и для прокатки тавра, примерно с такой же шириной перьев.

Коэффициенты вытяжки выбираются те же, что и для двутавровой балки.

Первый ручей, а иногда и второй обыкновенно делают ребровыми, т. е. с вертикальным положением полки С. Полка эта в таком положении находится в тех же условиях, как перо двутаврового профиля при проходе через закрытый ручей. Полка С получает сжатие под влиянием разных окружных скоростей частиц металла. Наибольшая окружная скорость в данном случае получается у основания полки С. Полка С в ребровых ручьях делается всегда в конце тоньше, чем у основания. В большинстве случаев этот уклон делают в 5—8%.

Иногда при калибровке таврового профиля все ручьи, кроме последнего, располагают пластом, а последний ребром. Иногда же ручьи пластовые и ребровые идут чередуясь через один или через два.

Приняв во внимание все сказанное относительно калибровки таврового профиля, рассмотрим частный пример.

Калибровка тавровой балки 100×100.

Этот профиль можно прокатать в восьми ручьях на стане с диаметром валков $d = 500$ мм. Семь первых ручьев располагают пластом, а последний восьмой ребром. Коэффициент вытяжки допускают наибольший $K = 1,5$ (для первого ручья).

Тогда разность прогрессии будет

$$\frac{1,5 - 1}{8 - 1} = 0,07,$$

и коэффициенты вытяжки во всех ручьях будут:

$$1,07; 1,14; 1,21; 1,28; 1,35; 1,42; 1,49.$$

На рис. 49 изображен горячий профиль тавровой балки

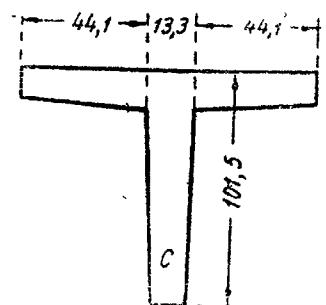


Рис. 49. Горячий профиль тавровой балки 100×100 в 8-м ручье.

100×100 , т. е. профиль 8-го ручья. Для упрощения закругления во внимание не приняты. Главные размеры горячего профиля будут $100 \times 1,015 = 101,5$ мм.

Определим теперь площадь полки C в 8-м ручье, считая эту полку от конца до основания профиля. Эту площадь можно рассматривать как площадь трапеции с основаниями 13,3 и 9,1 и высотой 101,5 мм.

Площадь трапеции равна полусумме оснований, умноженной на высоту. В данном случае эта площадь в 8-м ручье:

$$S_8 = \frac{13,3 + 9,1}{2} \times 101,5 = 1137 \text{ кв. мм.}$$

Площадь полки C в 7-м ручье, согласно стр. 14 равна площади полки в 8-м ручье, умноженной на соответствующий коэффициент вытяжки, т. е.

$$S_7 = S_8 \times 1,07 = 1137 \times 1,07 = 1217 \text{ кв. мм.}$$

Примем толщину полки C в 7-м ручье на конце в 8,5 мм и у основания профиля — 12,5 мм. (Так как 8-й ручей ребровой, то полка C получает в нем осадку по высоте и, следовательно, утолщение. Поэтому толщина полки C в 7-м ручье меньше толщины в 8-м.)

Тогда полусумма оснований трапеции будет:

$$\frac{12,5 + 8,5}{2} = 10,5 \text{ мм,}$$

а высота полки C в 7-ом ручье получится от деления площади S_7 на 10,5, т. е.

$$\frac{1217}{10,5} = 116 \text{ мм.}$$

Определим толщину полки C в остальных ручьях:

Таблица 31.

№ ручьев	Толщина полки C	
	у основания	в конце
7	12,5	8,5
6	$12,5 \times 1,14 = 14,3$	$8,5 \times 1,14 = 9,7$
5	$14,3 \times 1,21 = 17,3$	$9,7 \times 1,21 = 11,7$
4	$17,3 \times 1,28 = 22,2$	$11,7 \times 1,28 = 15,0$
3	$22,2 \times 1,35 = 30,0$	$15,0 \times 1,35 = 20,2$
2	$30,0 \times 1,42 = 40,3$	$20,2 \times 1,42 = 28,7$
1	$40,3 \times 1,49 = 60,0$	$28,7 \times 1,49 = 42,8$

Во всех ручьях, кроме восьмого, перья A и B находятся в таком же положении, как перья при прокатке двутавровой балки (прокатка пластом — рис. 50). Поэтому

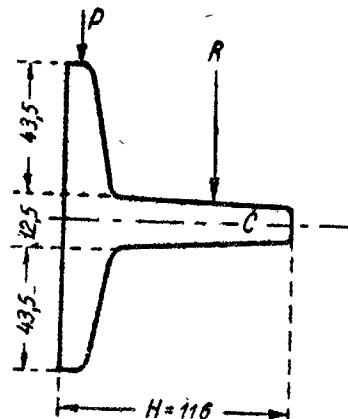


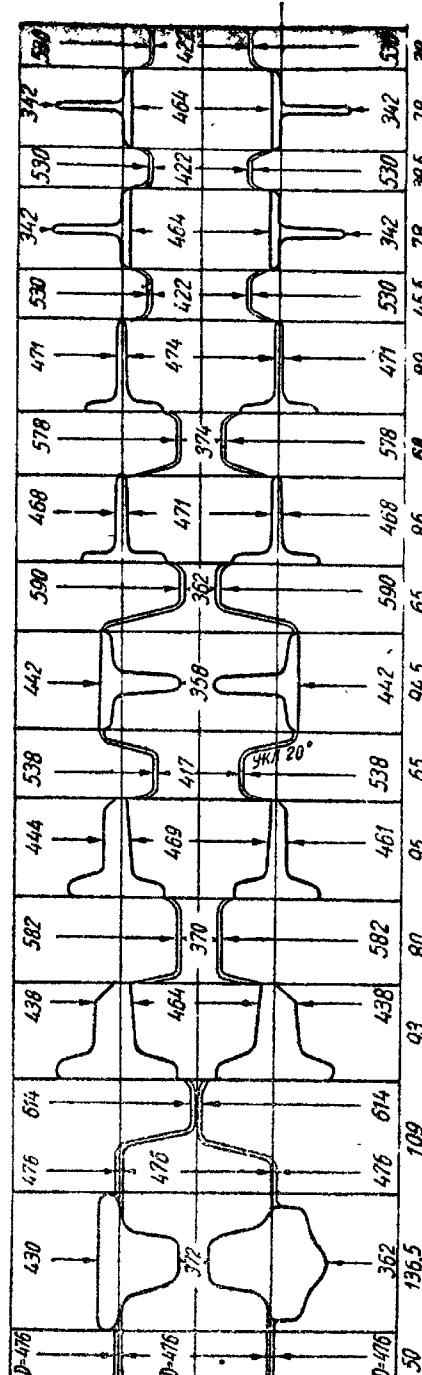
Рис. 50. Калибровка тавровой балки 100×100 . 7-й ручей.

определение всех размеров этих перьев известно и здесь повторено не будет.

Определяем лишь сжатие n для данного случая. По формуле на стр. 63 $n = R - p - m$.

Здесь $R = \frac{d}{2} = 250$ мм, $p = 202$ мм, $m = 43,5$ мм, и, следовательно $n = 250 - 202 - 43,5 = 4,5$ мм.

Уширения по высоте полки C или тавра (H) принимаем на основании практических данных, как и для двутавровой балки, от 1,5 до 2 мм.



¹ $p = \sqrt{R^2 - 2Rm} = \sqrt{250^2 - 2 \cdot 250 \cdot 43,5} = 202$ мм (см. примечание на стр. 63).

Рис. 51. Калибровка тавровой балки 76×76 мм. Расположение ручьев в ванках.

Высота полки C во всех ручьях будет:

При определении размеров перьев руководствуются вычислением выше сжатием n и принимаются в расчет уширения перьев. Коэффициенты вытяжки для перьев берут на 10% меньшие, чем для горизонтальной полки C .

Таблица 32.

№ ручьев	Высота тавра H	Примечание
8	101,5	"ребром"
7	116	
6	114,5	
5	113	
4	111	
3	109	
2	107	
1	105	"пластом"

На рис. 51 приведен пример калибровки тавровой балки 76×76 мм.

Калибровка показана в валах трио, диаметром $d = 476$ мм, в восьми ручьях. Здесь два последние ручья одинаковые и являются окончательными. 1-й, 4-й и 7-й (8-й) ручьи "ребровые",

остальные "пластом". Уширение по высоте тавра принято 2 мм. Наибольший коэффициент вытяжки $K = 1,5$.

III. ПРИЛОЖЕНИЯ.

СССР Совет труда и обороны Комитет по стандартизации	Общесоюзный стандарт ЖЕЛЕЗО КРУГЛОЕ Сортамент	ОСТ 8 МБИ (Л.В.): 621.761.21
---	---	---------------------------------

Диаметр мм	Площадь поперечного сечения мм^2	Теорет. вес погонного метра кг	
		мм	дюйм
8	50		0,39
—	71		0,56
10	79		0,62
11	95		0,75
12	113		0,89
—	127		1,00
14	154		1,21
15	177		1,39
16	201		1,58
17	227		1,78
18	254		2,00
19	284		2,23
20	314		2,46
21	346		2,72
22	380		2,98
24	452		3,55
—	507		3,98
27	573		4,49
—	642		5,04
30	707		5,55
—	792		6,22
33	855		6,71
36	1018		7,99
—	1140		8,95
39	1195		9,38
—	1337		10,50
42	1385		10,88

Утвержден Комитетом по стандартизации при Совете труда и обороны 16 июля 1926 г., как обязательный с 1 октября 1928 г.

Продолжение

ЖЕЛЕЗО КРУГЛОЕ		ОСТ 8	
Диаметр		Площадь поперечного сечения мм^2	Теорет. вес погонного метра кг
мм	дюйм		
45		1 590	12,48
48	2	1 810	14,21
—		2 027	15,91
52		2 124	16,67
56		2 463	19,33
60		2 827	22,20
65		3 318	26,05
70		3 848	30,21
75		4 418	34,68
80		5 027	39,46
85		5 675	44,54
90		6 362	49,94
95		7 088	55,64
100		7 854	61,65
110		9 503	74,60
120		11 310	88,78
130		13 273	104,19
140		15 394	120,84
150		17 672	138,72

Допуски

A. В диаметре

I. Для железа обычной точности прокатки

a) В разных сечениях стержня:

1. Для диаметров от 8 до 20 мм включительно $\pm 0,5$ мм
2. свыше 20 мм $\pm 3\%$

b) В одном сечении (овальность):

1. Для диаметров от 8 до 20 мм включительно 0,5 мм
2. свыше 20 мм 3%

II. Для железа повышенной точности прокатки

a) В разных сечениях стержня:

1. Для диаметров от 8 до 30 мм включительно $\pm 0,3$ мм
2. " свыше 30 мм до 52 мм $\pm 0,5$ мм

b) В одном сечении (овальность):

1. Для диаметров от 8 до 30 мм включительно 0,3 мм
2. свыше 30 мм до 52 мм 0,5 мм

B. В длине (для I и II)

1. До 4 м включительно ± 50 мм
2. Свыше 4 м ± 100 мм

Приложение. Впрель до перехода на метрическую резьбу допускается к прокатке для изготовления черных болтов дюймовой резьбы также круглое железо, размеры которого приведены в таблице в дюймах.

Утвержден Комитетом по стандартизации при Совете труда и обороны 16 июля 1926 г., как обязательный с 1 октября 1928 г.

СССР Совет труда и обороны Комитет по стандартизации	Общесоюзный стандарт ЖЕЛЕЗО КВАДРАТНОЕ Сортамент	ОСТ 9 МБИ (Л.В.):621.761.21
--	---	--------------------------------

Размеры сторон квадрата мм	Площадь поперечного сечения мм^2	Теоретический вес одного погонного метра кг
8	64	0,50
10	100	0,79
12	144	1,13
14	196	1,54
16	256	2,01
18	324	2,54
20	400	3,14
22	484	3,80
25	625	4,91
28	784	6,15
30	900	7,07
32	1024	8,04
35	1225	9,62
38	1444	11,34
40	1600	12,56
45	2025	15,90
50	2500	19,63
55	3025	23,75
60	3600	28,26

Допуски

a) В стороне квадрата:

1. Для размеров от 8 до 20 мм включительно $\pm 0,5$ мм
2. свыше 20 мм $\pm 3\%$

b) В длине:

1. До 4 м включительно ± 50 мм
2. Свыше 4 м ± 100 мм

Утвержден Комитетом по Стандартизации при Совете труда и обороны 16 июля 1926 г., как обязательный с 1 октября 1928 г.

СССР Совет труда и обороны Комитет по стандартизации	Общесоюзный стандарт ПРОВОЛОКА ЖЕЛЕЗНАЯ КАТАНАЯ Сортамент	ОСТ 10 МБИ(Л.В.):621.761.21
--	--	--------------------------------

К р у г л а я			К в а д р а т н а я		
Диаметр им	Площадь поперечного сечения мм ²	Теорет. вес погонного метра кг	Сторона квадрата мм ²	Площадь поперечного сечения мм ²	Теорет. вес погонного метра кг
5,0	19,68	0,1541	6	36	0,283
5,5	23,76	0,1865	7	40	0,385
6,0	28,27	0,222	8	64	0,502
6,5	33,18	0,260	9	81	0,636
7,0	38,48	0,302	10	100	0,785
7,5	44,18	0,347			
8,0	50,27	0,395			
9,0	63,62	0,490			
10,0	78,54	0,617			
12,0	113,10	0,888			
14,0	153,94	1,208			

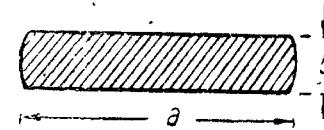
Примечание. Катаная проволока круглого или квадратного сечения изготавливается в кругах или мотках.

Допуски

В диаметре круглой или в стороне квадратной проволоки $\pm 0,5$ мм

Утвержден Комитетом по стандартизации при Совете труда и обороны 16 июля 1926 г., как обязательный с 1 октября 1928 г.

СССР Совет труда и обороны Комитет по стандартизации	Общесоюзный стандарт ЖЕЛЕЗО ШИННОЕ Сортамент	ОСТ 11 МБИ(Л.В.):621.761.21
--	---	--------------------------------



Определение. Шинным железом называется железо прямоугольного сечения с закругленными краями, сматываемое в мотки

мм

Ширина	Т о л щ и н а				
	40	5	6	8	10
45	5	6	8	10	
50	5	6	8	10	
55	5	6	8	10	
60	5	6	8	10	
65	5	6	8	10	

Допуски

1. В ширине $\pm 3\%$
2. В толщине $\pm 0,5$ мм

Утвержден Комитетом по стандартизации при Совете труда и обороны 16 июля 1926 г., как обязательный с 1 октября 1928 г.

ССРП Совет труда и обороны	Общесоюзный стандарт	ОСТ 12
Комитет по стандартизации	ЖЕЛЕЗО ОБРУЧНОЕ Сортамент	МБИ(Л.В.):621.761.21

Определение. Обручным железом называется железо прямоугольного сечения с острыми краями, толщиной не выше 3,5 мм, сматываемое в мотки.

Ширина мм	М е т р и ч . к а л и б р а										
	35	30	25	22	19	17	15	13	11	9	
Т о л щ и н а м м	3,5	3,0	2,5	2,2	1,9	1,7	1,5	1,3	1,1	0,9	
	Теорет. вес погонного метра кг										
12	0,330	0,283	0,236	0,207	0,179	0,160	0,141	0,123	0,104	0,085	
16	0,440	0,377	0,314	0,276	0,239	0,214	0,188	0,163	0,138	0,113	
20	0,550	0,471	0,393	0,345	0,298	0,267	0,236	0,204	0,173	0,141	
22	0,604	0,518	0,432	0,380	0,328	0,294	0,259	0,225	0,190	0,155	
25	0,687	0,589	0,491	0,432	0,373	0,334	0,294	0,255	0,216	0,177	
30	0,824	0,707	0,589	0,518	0,447	0,400	0,353	0,306	0,259	0,212	
35	0,962	0,824	0,687	0,604	0,522	0,467	0,412	0,357	0,302	0,247	
40	1,099	0,942	0,785	0,691	0,597	0,534	0,471	0,408	0,345		
45	1,236	1,060	0,883	0,777	0,671	0,601	0,530	0,459	0,389		
50	1,374	1,178	0,981	0,864	0,746	0,667	0,589	0,510	0,432		
55	1,511	1,295	1,080	0,950	0,820	0,734	0,648	0,561	0,475		
60	1,649	1,413	1,178	1,036	0,895	0,801	0,707	0,612	0,518		
65	1,786	1,531	1,276	1,123	0,970	0,867	0,766	0,663	0,561		
70	1,923	1,649	1,374	1,209	1,044	0,934	0,824	0,714	0,604		
75	2,061	1,766	1,472	1,295	1,119	1,001	0,883	—	—		
80	2,198	1,884	1,570	1,382	1,193	1,068	0,942	—	—		
90	2,473	2,120	1,766	1,554	1,342	1,201	1,060	—	—		
100	2,748	2,355	1,963	1,727	1,492	1,335	1,178	—	—		

В стандартный сортамент входят лишь те размеры, вес которых указан в таблице.

Допуски

a) В ширине:

1. Для ширины до 30 мм включительно ± 1 мм
2. свыше 30 мм $\pm 3\%$

b) В толщине менее разницы между данным и ближайшим большим или меньшим размерами

Утвержден Комитетом по стандартизации при Совете труда и обороны 16 июля 1926 г., как обязательный с 1 октября 1928 г.

Ширина мм	М е т р и ч . к а л и б р а																												
	35	30	25	22	19	17	15	13	11	9																			
Т о л щ и н а м м	3,5	3,0	2,5	2,2	1,9	1,7	1,5	1,3	1,1	0,9																			
Теоретический вес погонного метра кг																													
4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	22	25	30	35	40	50	60												
Совет труда и обороны	Общесоюзный стандарт											ОСТ 13																	
	ЖЕЛЕЗО ПОЛОСОВОЕ Сортамент											ОСТ 13																	
ширина от 12 мм до 200 мм и с отношением толщины к ширине не более 1:2. ¹																													
12	0,377	0,471	0,565	0,655	0,769	1,005	1,30	1,570	1,727	2,072	2,748	3,140	3,768	4,946	4,396	6,280	6,908	7,850											
14	0,440	0,550	0,659	0,754	0,879	1,099	1,356	1,570	1,782	2,055	2,748	3,140	3,768	4,946	4,396	6,280	6,908	7,850											
16	0,502	0,628	0,754	0,848	0,989	1,209	1,382	1,570	1,963	2,355	2,748	3,140	3,768	4,946	4,396	6,280	6,908	7,850											
18	0,565	0,707	0,842	0,942	1,099	1,256	1,570	1,963	2,355	2,826	3,297	3,768	4,946	4,396	6,280	6,908	7,850	8,830											
20	0,628	0,785	0,942	1,036	1,209	1,382	1,570	1,963	2,355	2,826	3,297	3,768	4,946	4,396	6,280	6,908	7,850	8,830											
22	0,691	0,864	1,036	1,209	1,382	1,570	1,963	2,355	2,826	3,297	3,768	4,946	4,396	6,280	6,908	7,850	8,830	9,813											
25	0,785	0,981	1,178	1,374	1,570	1,963	2,355	2,826	3,297	3,768	4,946	4,396	6,280	6,908	7,850	8,830	9,813	11,775											
30	0,942	1,177	1,413	1,648	1,884	2,355	2,826	3,297	3,768	4,946	4,396	6,280	6,908	7,850	8,830	9,813	11,775	13,738											
35	1,099	1,374	1,649	1,923	2,198	2,748	3,297	3,847	4,396	4,946	4,396	6,280	6,908	7,850	8,830	9,813	11,775	13,738											
40	1,256	1,570	1,884	2,198	2,512	3,140	3,768	4,396	5,024	5,652	6,280	6,908	7,850	8,830	9,813	11,775	13,738	15,111											
45	1,413	1,766	2,120	2,473	2,826	3,533	4,239	4,946	5,652	6,359	7,065	7,772	8,830	9,813	11,775	13,738	15,111	16,485											
50	1,570	1,962	2,355	2,748	3,140	3,925	4,710	5,495	6,280	7,065	7,772	8,830	9,813	11,775	13,738	15,111	16,485	17,511											
55	1,727	2,159	2,591	3,022	3,454	4,318	5,181	6,045	6,908	7,772	8,635	9,499	10,794	12,953	15,111	16,485	17,511	18,583											
60	1,884	2,355	2,826	3,297	3,768	4,710	5,652	6,594	7,536	8,478	9,420	10,362	11,775	14,130	15,111	16,485	17,511	18,583											

Утвержден Комитетом по стандартизации при Совете труда и обороны 16 июля 1926 г., как обязательный с 1 октября 1928 г.

ЖЕЛЕЗО ПОЛОСОВОЕ

OCT 13

Т о л щ и н а м м											
	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20
Теоретический вес полотнищего метра кг											
mm											
65	2,041	2,551	3,062	3,572	4,082	5,103	6,123	7,144	8,164	9,185	10,205
70	2,198	2,747	3,297	3,847	4,396	5,495	6,594	7,693	8,792	9,891	10,990
75	2,355	2,944	3,53 ¹	4,121	4,710	5,887	7,065	8,242	9,420	10,598	11,775
80	2,512	3,140	3,768	4,396	5,024	6,280	7,536	8,792	10,048	11,304	12,560
90	2,826	3,532	4,239	4,916	5,652	7,065	8,478	9,891	11,304	12,717	14,130
100	3,140	3,925	4,710	5,495	6,280	7,850	9,420	10,990	12,560	14,130	15,700
110	3,454	4,317	5,181	6,045	6,908	8,635	10,362	12,089	13,816	15,543	17,270
120	3,768	4,710	5,652	6,594	7,536	9,420	11,304	13,188	15,072	16,956	18,840
130	4,082	5,103	6,123	7,144	8,164	10,205	12,246	14,287	16,328	18,369	20,410
140	4,396	5,495	6,594	7,693	8,792	10,990	13,188	15,386	17,584	19,782	21,980
150	4,710	5,887	7,965	8,243	9,420	11,775	14,130	16,485	18,840	21,195	23,550
160	5,024	6,280	7,536	8,792	10,048	15,560	15,072	17,584	20,096	22,608	25,120
180	5,652	7,065	8,478	9,891	11,304	14,130	16,956	19,782	22,608	25,434	31,400
200	6,280	7,850	9,420	10,990	12,560	15,700	18,840	21,980	25,120	28,260	31,400

В стандартный сортамент входят лишь те размеры, вес которых указан в таблице.

Допуски

- а) В ширине полос: 1) для ширины до 30 мм включ. ± 1 мм; 2) для ширины выше 30 мм $\pm 3\%$.
 б) В толщине полос: 1) для толщины до 16 мм включ. $\pm 0,5$ мм; 2) для толщины выше 16 мм $\pm 3\%$.
 в) Длине полос: 1) с нефрезерованн. концами при длине до 4 м. включ. + 50 мм; 2) с фрезерованн. концами при длине свыше 4 м + 100 мм; 3) с фрезерованн. концами + 10 мм.

¹ В виде исключения к полосовому железу причисляется железо шириной в 100 и 110 мм и толщиной в 60 мм.

СССР Совет труда и обороны Комитет по стандартизации	Общесоюзный стандарт ЖЕЛЕЗО УГЛОВОЕ равнобокое Сортамент	OCT 14									
		МБИ(И.И.В.):621.761.21									
Геометрические параметры профилей											
# профиля	b	d	R	r	Площадь сечения ω см ²	Теорет. вес пог. метра g кг	Расстояние центра тяжести z_0 см	J_{x_1} см ⁴	J_x см ⁴	J_{x_0} см ⁴	Моменты инерции
2	20	3 ⁴	3,5	1,75	1,12 1,45	0,88 1,14	0,60 0,64	0,793 1,080	0,392 0,492	0,6185 0,7710	0,1651 0,2124
2,5	25	3 ⁴	4	2	1,43 1,86	1,12 1,46	0,72 0,76	1,536 2,084	0,798 1,012	1,262 1,597	0,3333 0,4273
3	30	4 ⁵	4	2	2,26 2,77	1,77 2,17	0,88 0,92	3,59 4,54	1,824 2,183	2,884 3,440	0,764 0,925
3,5	35	4 ⁵	5	2,5	2,67 3,28	2,10 2,57	1,00 1,04	5,64 7,13	2,954 3,564	4,68 5,64	1,227 1,493
4	40	4 ⁵ 6	6	3	3,08 3,79 4,48	2,42 2,97 3,52	1,12 1,16 1,20	8,33 10,54 12,78	4,47 5,43 6,31	7,09 8,59 9,98	1,859 2,263 2,654
4,5	45	5 ⁶ 7	6,5	3,25	4,30 5,09 5,86	3,37 4,00 4,60	1,28 1,32 1,36	14,95 18,11 21,31	7,87 9,19 10,43	12,48 14,55 16,47	3,27 3,84 4,39

Утвержден Комитетом по стандартизации при Совете труда и обороны 16 июля 1926 г., как обязательный с 1 октября 1928 г.

Продолжение.

ЖЕЛЕЗО УГЛОВОЕ РАВНОБОКОЕ.					ОCT 14						
№ профилей	Размеры мм				Площадь сечения ω см ²	Теорет. вес пог. метра g кг	Расстояние центра тяжести z_0 см	Моменты инерции			
	b	d	R	r				J_{x_1} см ⁴	J_x см ⁴	J_{x_0} см ⁴	J_{y_0} см ⁴
5	50	5	7	3,5	4,80	3,77	1,40	20,43	10,96	17,38	4,55
		6			5,69	4,47	1,44	24,74	12,85	20,34	5,35
		7			6,56	5,15	1,48	29,10	14,62	23,10	6,13
6	60	6	8	4	6,91	5,42	1,69	42,5	22,84	36,15	9,53
		7			7,98	6,26	1,73	49,9	26,05	41,30	10,82
		8			9,03	7,09	1,77	57,4	29,16	46,15	12,16
6,5	65	6	8	4	7,51	5,89	1,81	54,0	29,36	46,60	12,14
		8			9,83	7,72	1,89	72,9	37,66	59,70	15,63
		10			12,07	9,47	1,97	92,1	45,20	71,50	19,03
7,5	75	8		5	11,47	9,00	2,13	110,9	58,9	93,3	24,40
		10			14,11	11,08	2,21	140,2	71,2	112,7	29,70
		12			16,67	13,09	2,29	170,0	82,6	130,3	34,86
8	80	8		5	12,27	9,63	2,25	134,6	72,5	114,8	30,40
		10			15,11	11,86	2,34	170,0	87,2	138,6	35,80
		12			17,87	14,03	2,41	205,8	102,0	160,7	43,26
9	90	10		5,5	17,13	13,45	2,58	241,0	127,0	201,3	52,5
		12			20,29	15,93	2,66	291,0	148,0	234,4	61,4
		14			23,37	18,35	2,74	342,6	167,8	265,4	70,3
10	100	10		6,25	19,17	15,05	2,82	328,7	176,3	280,0	72,7
		12			22,73	17,84	2,90	397,6	206,4	327,0	85,7
		14			26,21	20,57	2,98	467,0	234,5	371,0	97,6
		16			29,61	23,24	3,05	538,0	262,0	412,5	112,0
12	120	10		6,5	23,18	18,20	3,31	567	313,5	497	130,0
		12			27,54	24,62	3,40	685	367,0	584	150,4
		14			31,82	24,98	3,48	804	419,0	666	172,0
		16			36,02	28,28	3,55	924	470,0	743	197,3

Утвержден Комитетом по стандартизации при Совете труда и обороны 16 июля 1926 г., как обязательный с 1 октября 1928 г.

Продолжение.

ЖЕЛЕЗО УГЛОВОЕ РАВНОБОКОЕ					ОCT 14						
№ профилей	Размеры мм				Площадь сечения ω см ²	Теорет. вес пог. метра g кг	Расстояние центра тяжести z_0 см	Моменты инерции			
	b	a	R	r				J_{x_1} см ⁴	J_x см ⁴	J_{x_0} см ⁴	J_{y_0} см ⁴
13	130	10		6,75	25,20	19,78	3,56	721	402	640	163,5
		12			29,96	23,52	3,64	870	473	751	195,7
		14			34,64	27,19	3,72	1021	541	858	224,6
		16			39,24	30,80	3,80	1172	606	960	251,6
14	140	12		7	32,37	25,41	3,89	1086	596	947	245,0
		14			37,45	29,40	3,97	1273	683	1084	281,3
		16			42,45	33,32	4,05	1462	765	1215	315,8
15	150	12		7	34,77	27,29	4,14	1336	740	1177	302,9
		14			40,25	31,60	4,22	1565	849	1349	349,4
		16			45,65	35,84	4,30	1796	952	1513	391,7
		18			50,97	40,01	4,38	2029	1054	1674	433,6

Допуски

- a) В ширине полок $\pm 3\%$
- b) В толщине полок до 50 мм включит. $\pm 0,5$ мм
 - 1. При ширине полок до 50 мм. включит. $\pm 0,5$ мм
 - 2. " " " свыше 50 до 100 мм $\pm 1,0$ мм
 - 3. " " " " свыше 100 до 150 мм $\pm 1,5$ мм
- b) В длине углового железа:
 - 1. С нефрезерованными концами длиной до 4 м $+50$ мм
 - 2. " " " свыше 4 м $+100$ мм
 - 3. С фрезерованными концами $+10$ мм

Примечание. Измерение толщины и ширины полок должно производиться на расстоянии 700 мм от конца угольника.

Утвержден Комитетом по стандартизации при Совете труда и обороны 16 июля 1926 г., как обязательный с 1 октября 1928 г.

СССР Совет труда и обороны Комитет по стандартизации					Общесоюзный стандарт		ОСТ 15																																																																																																														
ЖЕЛЕЗО УГЛОВОЕ неравнобокое Сортамент					МБИ(И.И.В.):621.761.21																																																																																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">№ профилей</th> <th colspan="5">Размеры мм</th> <th rowspan="2">Площадь сечения $\Phi, \text{см}^2$</th> <th rowspan="2">Теоретич. вес пог. метра $g, \text{кг}$</th> <th rowspan="2">Расстояние центра тяжести</th> <th colspan="4">Моменты инерции</th> </tr> <tr> <th>B</th> <th>b</th> <th>d</th> <th>R</th> <th>r</th> <th>x_0 см</th> <th>y_0 см</th> <th>J_{y_1} см^4</th> <th>J_{y_2} см^4</th> <th>J_x см^4</th> <th>J_y см^4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3/2</td> <td>30</td> <td>20</td> <td>3 4</td> <td>3,5</td> <td>1,75</td> <td>1,42 1,85</td> <td>1,11 1,45</td> <td>0,50 0,54</td> <td>0,99 1,03</td> <td>2,66 3,58</td> <td>0,802 1,101</td> <td>1,267 1,597</td> <td>0,447 0,561</td> </tr> <tr> <td>4,5/3</td> <td>45</td> <td>30</td> <td>4 6</td> <td>5</td> <td>2,5</td> <td>2,87 4,17</td> <td>2,25 3,27</td> <td>0,74 0,81</td> <td>1,47 1,55</td> <td>11,95 18,16</td> <td>3,584 5,590</td> <td>5,74 8,08</td> <td>2,03 2,83</td> </tr> <tr> <td>6/4</td> <td>60</td> <td>40</td> <td>6 8</td> <td>7</td> <td>3,5</td> <td>5,69 7,41</td> <td>4,47 5,82</td> <td>1,01 1,08</td> <td>1,99 2,07</td> <td>42,6 57,3</td> <td>12,84 17,63</td> <td>20,06 25,50</td> <td>7,07 8,91</td> </tr> <tr> <td>7,5/5</td> <td>75</td> <td>50</td> <td>6 8</td> <td>8</td> <td>4</td> <td>7,21 9,43 11,57</td> <td>5,66 7,40 9,08</td> <td>1,20 1,28 1,36</td> <td>2,43 2,51 2,59</td> <td>84,6 111,4 140,2</td> <td>24,75 33,77 43,20</td> <td>42,2 51,9 62,5</td> <td>14,33 18,27 21,84</td> </tr> <tr> <td>8/4</td> <td>80</td> <td>40</td> <td>6 8</td> <td>8</td> <td>4</td> <td>6,91 9,03 11,07</td> <td>5,42 7,09 8,69</td> <td>0,88 0,96 1,04</td> <td>2,84 2,93 3,01</td> <td>100,6 135,0 169,7</td> <td>12,88 17,89 23,30</td> <td>44,8 57,5 69,1</td> <td>7,52 9,55 11,36</td> </tr> <tr> <td>9/6</td> <td>90</td> <td>60</td> <td>8 10</td> <td>9</td> <td>4,5</td> <td>11,45 14,09</td> <td>8,99 11,06</td> <td>1,48 1,56</td> <td>2,95 3,04</td> <td>192,0 241,4</td> <td>57,6 73,4</td> <td>92,1 111,4</td> <td>32,65 39,30</td> </tr> </tbody> </table>										№ профилей	Размеры мм					Площадь сечения $\Phi, \text{см}^2$	Теоретич. вес пог. метра $g, \text{кг}$	Расстояние центра тяжести	Моменты инерции				B	b	d	R	r	x_0 см	y_0 см	J_{y_1} см^4	J_{y_2} см^4	J_x см^4	J_y см^4	3/2	30	20	3 4	3,5	1,75	1,42 1,85	1,11 1,45	0,50 0,54	0,99 1,03	2,66 3,58	0,802 1,101	1,267 1,597	0,447 0,561	4,5/3	45	30	4 6	5	2,5	2,87 4,17	2,25 3,27	0,74 0,81	1,47 1,55	11,95 18,16	3,584 5,590	5,74 8,08	2,03 2,83	6/4	60	40	6 8	7	3,5	5,69 7,41	4,47 5,82	1,01 1,08	1,99 2,07	42,6 57,3	12,84 17,63	20,06 25,50	7,07 8,91	7,5/5	75	50	6 8	8	4	7,21 9,43 11,57	5,66 7,40 9,08	1,20 1,28 1,36	2,43 2,51 2,59	84,6 111,4 140,2	24,75 33,77 43,20	42,2 51,9 62,5	14,33 18,27 21,84	8/4	80	40	6 8	8	4	6,91 9,03 11,07	5,42 7,09 8,69	0,88 0,96 1,04	2,84 2,93 3,01	100,6 135,0 169,7	12,88 17,89 23,30	44,8 57,5 69,1	7,52 9,55 11,36	9/6	90	60	8 10	9	4,5	11,45 14,09	8,99 11,06	1,48 1,56	2,95 3,04	192,0 241,4	57,6 73,4	92,1 111,4	32,65 39,30
№ профилей	Размеры мм					Площадь сечения $\Phi, \text{см}^2$	Теоретич. вес пог. метра $g, \text{кг}$	Расстояние центра тяжести	Моменты инерции																																																																																																												
	B	b	d	R	r				x_0 см	y_0 см	J_{y_1} см^4	J_{y_2} см^4	J_x см^4	J_y см^4																																																																																																							
3/2	30	20	3 4	3,5	1,75	1,42 1,85	1,11 1,45	0,50 0,54	0,99 1,03	2,66 3,58	0,802 1,101	1,267 1,597	0,447 0,561																																																																																																								
4,5/3	45	30	4 6	5	2,5	2,87 4,17	2,25 3,27	0,74 0,81	1,47 1,55	11,95 18,16	3,584 5,590	5,74 8,08	2,03 2,83																																																																																																								
6/4	60	40	6 8	7	3,5	5,69 7,41	4,47 5,82	1,01 1,08	1,99 2,07	42,6 57,3	12,84 17,63	20,06 25,50	7,07 8,91																																																																																																								
7,5/5	75	50	6 8	8	4	7,21 9,43 11,57	5,66 7,40 9,08	1,20 1,28 1,36	2,43 2,51 2,59	84,6 111,4 140,2	24,75 33,77 43,20	42,2 51,9 62,5	14,33 18,27 21,84																																																																																																								
8/4	80	40	6 8	8	4	6,91 9,03 11,07	5,42 7,09 8,69	0,88 0,96 1,04	2,84 2,93 3,01	100,6 135,0 169,7	12,88 17,89 23,30	44,8 57,5 69,1	7,52 9,55 11,36																																																																																																								
9/6	90	60	8 10	9	4,5	11,45 14,09	8,99 11,06	1,48 1,56	2,95 3,04	192,0 241,4	57,6 73,4	92,1 111,4	32,65 39,30																																																																																																								
Утвержден Комитетом по стандартизации при Совете труда и обороны 16 июля 1926 г., как обязательный с 1 октября 1928 г.																																																																																																																					

ЖЕЛЕЗО УГЛОВОЕ НЕРАВНОБОКОЕ								ОСТ 15					
№ профилей	Размеры мм					Площадь сечения $\Phi, \text{см}^2$	Теоретич. вес пог. метра $g, \text{кг}$	Расстояние центра тяжести	Моменты инерции				
	B	b	d	R	r				x_0 см	y_0 см	J_{x_1} см^4	J_{y_1} см^4	
10/6,5	100	65	8	10	9	12,65 15,59 18,45	9,93 12,24 14,48	1,56 1,64 1,72	3,28 3,37 3,45	263,5 331,0 399,1	73,2 93,0 113,4	127,1 154,3 179,9	42,5 51,2 59,1
12/8	120	80	10	12	11	19,13 22,69 26,17	15,02 17,81 20,54	1,95 2,03 2,10	3,92 4,00 4,08	570 686 804	170,7 207,5 245,2	275,6 323,0 368,4	98,2 114,3 129,8
13/9	130	90	10	12	12	21,15 25,11 28,99	16,60 19,71 22,76	2,18 2,26 2,34	4,15 4,24 4,32	727,7 871,1 1020,2	241,4 292,9 345,5	358,4 419,7 479,2	140,9 164,7 186,8
15/10	150	100	12	13	6,5	28,74 33,22 37,62	22,56 26,08 29,53	2,42 2,50 2,57	4,89 4,97 5,05	1385,8 1563,8 1792,6	399,9 471,2 543,2	648,6 743,2 833,3	231,6 263,6 294,9
16/8	160	80	12	13	6,5	27,54 31,82	21,62 24,98	1,77 1,85	5,72 5,80	1620 1896	208,5 247,6	719,0 823,0	122,0 138,6

Допуск

a) В ширине полок $\pm 3\%$

b) В толщине полок:

- При ширине больших полок до 50 мм включ. $\pm 0,5$ мм
- " — свыше 50 мм до 100 мм включ. $\pm 1,0$ мм
- " — " 100 мм до 160 мм $\pm 1,5$ мм

c) В длине углового железа:

- С нефрезерованными концами длиной до 4 м ± 100 мм
- " — свыше 4 м ± 100 мм
- С фрезерованными концами ± 10 мм

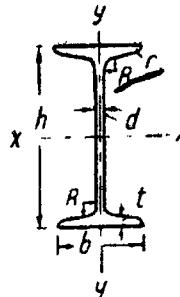
Примечание. Измерение толщины и ширины полок должно производиться на расстоянии 700 мм от конца угольника.

Утвержден Комитетом по стандартизации при Совете труда и обороны 16 июля 1926 г., как обязательный с 1 октября 1928 г.

СССР
Совет труда и обороны
Комитет
по стандартизации

Общесоюзный стандарт
ЖЕЛЕЗО
ДВУТАБРОВОЕ
Сортамент

ОСТ 16
МБИ(Л.В):621.761.21



№ проф. филь	Размеры мм						Площадь сечения ω см ²	Теоретич. вес погон. метра кг	Моменты инерции		Моменты сопротивл.	
	h	b	d	t	R	r			J_x см ⁴	J_y см ⁴	W_x см ³	W_y см ³
10	100	57,0	4,5	6,3	4,5	2,7	11,03	8,659	180,4	16,1	36,1	5,65
12	120	63,4	5,1	7,1	5,1	3,1	14,34	11,257	334,4	25,2	55,7	7,95
14	140	69,8	5,7	7,9	5,7	3,4	18,04	14,193	569,0	37,7	81,3	10,80
16	160	76,2	6,3	8,8	6,3	3,8	22,26	17,474	909,0	54,3	113,6	14,26
18	180	82,6	6,9	9,6	6,9	4,1	26,87	21,093	1381,0	75,9	153,4	18,40
20	200	89,0	7,5	10,4	7,5	4,5	31,91	25,049	2014,0	103,4	201,4	23,24
22	220	95,4	8,1	11,3	8,1	4,9	37,38	29,343	2843,0	137,5	528,5	28,83
24	240	101,8	8,7	12,1	8,7	5,2	43,29	33,983	3903,0	100,0	325,0	35,36
26	260	108,2	9,3	13,0	9,3	5,6	49,63	38,960	5234,0	231,0	403,0	42,75
28	280	114,6	9,9	13,9	9,9	5,9	56,40	44,274	6878,0	293,0	491,0	51,10
30	300	121,0	10,5	14,7	10,5	6,3	63,61	49,934	8881,0	366,0	592,0	60,50
32	320	127,4	11,1	15,5	11,1	6,7	71,25	55,931	11292,0	452,0	706,0	70,90
36	360	140,2	12,3	17,2	12,3	7,4	87,82	68,939	17544,0	668,0	975,0	95,30
40	400	153,0	13,5	18,9	13,5	8,1	106,13	83,312	26087,0	954,0	1304,0	124,70
45	450	170,0	16,2	24,3	16,2	9,7	147,00	115,000	45888,0	1722,0	2040,0	203,00

Примечание. Уклон внутренних граней полок 14%.

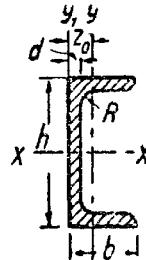
Допуски

- а) В толщине: 1) при высоте балок до 100 мм включ. $\pm 0,75$ мм; 2) выше 100 до 200 мм включ. $\pm 1,0$ мм; 3) выше 200 мм $\pm 1,5$ мм.
- б) В ширине: 1) при высоте балок до 100 мм включ. $-2,0$ мм и $+0,75$ мм; 2) выше 100 до 200 мм $-3,5$ мм и $+1,0$ мм; 3) выше 200 мм $-4,5$ мм и $+1,5$ мм.
- в) В высоте: 1) при высоте балок до 100 мм включ. $-1,0$ мм и $+2,0$ мм; 2) выше 100 до 200 мм включ. $-1,5$ мм и $+3,0$ мм; 3) выше 200 мм $-2,0$ мм и $+3,0$ мм.
- г) В длине: 1) для балок с нефрезерованными концами длиной до 65 м $+50$ мм; 2) с выше 65 м $+100$ мм; 3) с фрезерованными концами длиной $+10$ мм.

Примечание. Измерение ширины и толщины полок производится на расстоянии 700 мм от концов балки.

Утвержден Комитетом по стандартизации при Совете труда и обороны
16 июля 1926 г., как обязательный с 1 октября 1928 г.

СССР Совет труда и обороны Комитет по стандартизации	Общесоюзный стандарт ЖЕЛЕЗО КОРЫТНОЕ (швеллерное) Сортамент	ОСТ 17 МБИ(Л.В):621.761.21
---	--	-------------------------------



№ проф. филь	Размеры мм						Площадь сечения ω см ²	Теоретич. вес погон. метра кг	Расстояние центра тяж. z_0 см	Моменты инерции		Моменты сопротивл.		
	h	b	d	t	R	r				J_y см ⁴	J_x см ⁴	J_V см ⁴	W_x см ³	W_y см ³
5	50	38	5	7,5	7,5	3,75	7,47	5,86	1,41	24,2	27,57	9,44	11,3	3,942
6,5	65	42	5,5	8	8	4	9,62	7,55	1,43	34,8	59,9	14,98	18,43	5,42
8	80	45	6	9	9	4,5	11,85	9,30	1,53	48,4	113,9	20,9	28,5	7,02
10	100	50	6	9	9	4,5	13,92	10,93	1,60	65,6	213,2	30,16	42,65	8,86
12	120	55	6,5	9,5	9,5	4,75	17,26	13,55	1,65	92,0	371,6	44,9	61,9	11,67
14	140	60	7	10,5	10,5	5,25	20,92	16,42	1,80	132,0	624,0	64,5	89,2	15,35
16	160	65	7,5	11	11	6	24,92	19,56	1,86	175,6	954,0	89,0	119,2	19,20
18	180	70	8	12	12	6	29,26	22,97	2,01	239,6	1433,0	121,0	159,2	24,26
20	200	75	8,5	12,5	12,5	6,25	33,93	26,64	2,08	306,0	2018,0	159,2	202,0	29,40
22	220	80	9	13,5	13,5	6,75	38,94	30,57	2,23	402,0	231,0	207,8	257,3	36,00
24	240	85	9,5	14	14	7	44,28	34,76	2,30	499,0	3773,0	264,0	314,4	42,60
26	260	90	10	15	15	7,5	49,95	39,21	2,45	635,0	5045,0	334,0	388,0	51,00
30	300	100	11	16,5	11,5	8,25	62,30	48,91	2,68	957,0	8361,0	517,0	510,0	69,70

П р и м е ч а н и е 1. Уклоны внутренних граней полок 8%. 2. Для судостроения прокатывают швеллеры №№ 18—30 с более толстыми стенками, с интервалом через 1—2 мм до двойной нормальной толщины,

Допуски

- а) В толщине: 1) для высоты до 100 мм включительно $\pm 0,75$ мм; 2) выше 100 до 200 мм $\pm 1,0$ мм; 3) выше 200 мм $\pm 1,5$ мм.
- б) В ширине: 1) для высоты балок до 100 мм включ. $-2,0$ мм и $+0,75$ мм; 2) выше 100 до 200 мм $-3,5$ мм и $+1,0$ мм; 3) выше 200 мм $-4,5$ мм и $+1,5$ мм.
- в) В высоте: 1) для высоты балок до 100 мм включ. $-1,0$ мм и $+2,0$ мм; 2) выше 100 до 200 мм $-1,5$ мм и $+3,0$ мм; 3) выше 200 мм $-2,0$ мм и $+4,0$ мм.
- г) В длине: 1) с нефрезерованными концами длиной до 6,5 м $+50$ мм; 2) с фрезерованными концами длиной $+10$ мм.

П р и м е ч а н и е 2. Измерение ширины и толщины полок производится на расстоянии 700 мм от концов швеллера.

Утвержден Комитетом по стандартизации при Совете труда и обороны
1926 г., как обязательный с 1 октября 1:28 г.