ГОССТРОЙ СССР
ГЛАВПРОМСТРОЙПРОЕКТ
СОЮЗМЕТАЛЛОСТРОЙНИИПРОЕКТ
Ордена Трудового Красного Знамени
Центральный научно-исследовательский и проектный институт
строительных металлоконструкций
ЦНИИПРОЕКТСТАЛЬКОНСТРУКЦИЯ

РУКОВОДСТВО ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЗАВОДОВ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ

ПРАВКА ЛИСТОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ, РЕЖИМЫ И ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ

МОСКВА 1981

gost.e-ecolog.ru

Госстрой СССР
Главпромстройпроект
Союзметаллостройниипроект
Ордена Трудового Красного Знамени
Центральный научно-исследовательский и проектный институт
строительных металлоконструкций
ЦНИИПРОЕКТСТАЛЬКОНСТРУКЦИЯ

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института,
академик
Н.П.Мельников
"13" ноября 1981 г.

Р У К О В О Д С Т В О

ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЗАВОДОВ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ

ПРАВКА ЛИСТОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ, РЕЖИМЫ И ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ

Москва - 1981

УДК 621.982.45:624.014.2

Настоящее Руководство предназначено для работников проектных, научно-исследовательских институтов и заводов металлоконструкций.

Руководство содержит классификацию основных видов остаточных деформаций деталей конструкций, общие рекомендации по выбору метода правки и соответствующего для нее оборудования, а также несложные в производственных условиях методы определения ее режимов.

В основу настоящего Руководства положены результаты проведенных исследований в ЦНИИпроектстальконструкции, ЦНИИС Минтрансстроя, Челябинском и Курском политехнических институтах, а также учтены результаты современных отечественных и зарубежных исследований по методам правки.

Материалы Руководства послужат основой для разработки заводских инструкций, учитывающих наличие оборудования и программу завода.

Руководство составлено в отделе технологии изготовления и проектирования заводов металлических конструкций ЦНИИпроектстальконструкция.

В разработке Руководства участвовали: канд.техн.наук В.В.Волков (руководитель работы), Ю.Л.Попелянский (ответственный исполнитель); инж. У.П.Шибаев, В.И.Ломберт (ЦНИИпроектстальконструкция); канд.техн.наук К.П.Большаков, В.М.Душницкий, В.В.Пассек (ЦНИИС Минтрансстроя); проф. А.А.Абаринов, инж. В.Н.Ганченков (Челябинский политехнический институт); канд.техн.наук А.З.Белик, инж. В.М.Белик (Курский политехнический институт).

Замечания просим направлять по адресу: 117393, ул. арх. Власова, д.49, ЦНИИпроектстальконструкция, отдел технологии изготовления и проектирования заводов металлоконструкций.

© Центральный научно-исследовательский и проектный институт строительных металлоконструкций Госстроя СССР (ЦНИИПСК), 1981 г.

I. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Настоящее Руководство дополняет и развивает раздел I главы СНиП Ш-I8-75 "Металлические конструкции. Правила производства и приемки работ" и распространяется на производство правки листовых элементов строительных конструкций из углеродистой и низколегированной стали классов прочности С38/23 - С85/75.

I.2. Листовой прокат, поступающий с металлургических заводов, требует правки. Кроме этого, при транспортировке, резке, сварке и других технологических операциях по изготовлению сварных конструкций в заготовках и элементах могут возникать различные виды остаточных деформаций (рис.I):

- волнистость - характеризуется радиусом кривизны или отношением высоты волны к ее длине, обычно на базе в I м;
- коробоватость - кривизна как в продольном, так и в поперечном направлениях;
- саблевидность - определяется величиной зазора между продольной кромкой и натянутой струной;
- бухтиноватость - (хлопуны, местные выпучины) - наличие на листе местных вмятин небольшой глубины (в диаметре менее I м);
- винтообразность - уклон противоположных продольных кромок листа в различных направлениях;
- заломленные кромки листа, появляющиеся при резке контура листов, при погрузочно-разгрузочных работах;
- выгиб или местная погнутость листов;
- грибовидность полок;
- перелом в стыке сварного полотнища или "домик".

I.3. При наличии в заготовке или элементе двух или более видов остаточных деформаций их необходимо устранять последовательно.

I.4. Правку осуществляют холодным, термическим или термомеханическим методами.

Холодная правка производится с помощью механического воздействия на деформированный элемент.

Термическая правка деформаций изгиба представляет собой высокотемпературный нагрев участков на выпуклой стороне прогиба элемента.

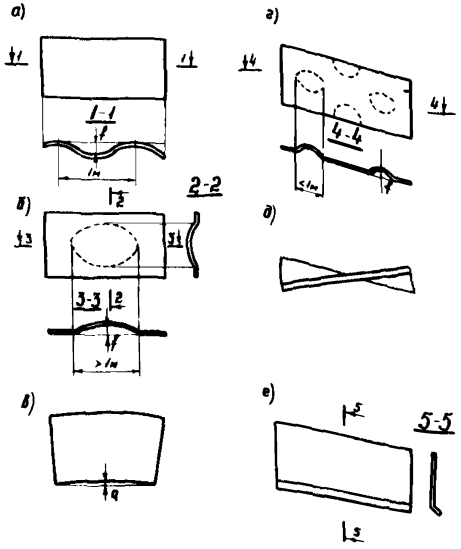

Рис.I. Остаточные деформации листовой, полосовой и широкополосной универсальной тали:

а) волнистость; б) коробоватость; в) саблевидность; г) бухтиноватость; д) пропеллерность; е) заломленная продольная кромка листа

Термомеханическая правка основана на сочетании первых двух методов - создании механического воздействия в момент местного нагрева элемента до высоких температур. Ее рекомендуется применять при значительных величинах деформаций.

Метод правки следует выбирать с учетом настоящего Руководства, исходя из наличия на заводе соответствующего оборудования.

I.5. При изготовлении конструкций необходимо осуществлять тщательный пооперационный контроль качества обработки полуфабрикатов и своевременно устранять в них недопустимые деформации, так как правка деформаций в готовом элементе всегда сложнее, чем в полуфабрикатах.

I.6. Правка осуществляется под наблюдением и техническим руководством мастера и поручается квалифицированным рабочим, которые ознакомлены с настоящим Руководством.

I.7. В процессе производства работ по правке следует тщательно соблюдать действующие правила техники безопасности и охраны труда.

2. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

2.I. Правку деталей и элементов конструкций следует производить в том случае, если общие деформации превосходят допустимые СНиП Ш-I8-75 (таблица I).

Таблица I

Наименование отклонения	Допускаемые отклонения
I. Зазор между натянутой струной и обушком уголка, полкой или стенкой швеллера и двутавра	0,00I длины элемента, но не более I0 мм
2. Стрелка прогиба элементов (колонны, опоры, ригеля, балки, связи)	I/750 длины элемента, но не более I5 мм
3. Стрелка выгиба оси элементов главных ферм и балок проезжей части	0,00I длины элемента, но не более I0 мм

Правке подлежат листовой прокат и детали из него, имеющие:

- кривизну по плоскости более I,5 мм на I м;
- саблевидность более I/I000 длины или более 5 мм.

Деформированные участки, подлежащие правке, не должны иметь заломов, надрывов и трещин.

2.2. Технологические операции при правке рекомендуется осуществлять в следующем порядке:

- перед началом правки определить величину деформации, а также величину и направление кривизны: стрелку выгиба при большой длине элемента измеряют с помощью струны, винтообразность элементов - с помощью отвесов по разности отклонений вертикальной стенки элемента в опорных сечениях от вертикали, а для измерения остальных видов деформаций рекомендуется применять универсальную линейку (рис.2);
- установить порядок и последовательность ведения правки;
- с учетом рекомендаций, приведенных в Руководстве, провести правку;
- проверить результаты правки: если требуемый результат не был достигнут, то правку продолжить.

При термической и термомеханической правке необходимо:

- определить марку стали проката;

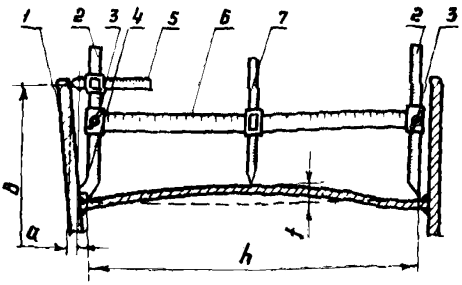

Рис.2. Схема измерения местных остаточных деформаций универсальной линейкой:

I - деформированный элемент конструкции;
2 - опорная стойка;
3 - зажимной винт;
4 - опора на опорной стойке; 5 - горизонтальная передвижная линейка для измерения перекоса полки; 6 - база;
7 - вертикальная передвижная линейка для измерения стрелки выпучивания

- установить схему ведения правки и определить место и границу зоны нагрева;

- установить температуру нагрева и выбрать источник нагрева;

- проверить результаты правки: если требуемый результат не был получен, то правку следует продолжить; если элемент получил обратную деформацию, превышающую по величине допустимую, то его следует перевернуть и продолжить правку с другой стороны;

- участки выправленных элементов с деформациями, вызванными механическими воздействиями, должны быть подвергнуты контролю с помощью УЗД.

2.3. Поверхность стали после правки не должна иметь вмятин, трещин и других повреждений.

2.4. Не допускается подвергать холодной правке участки деформированных элементов, расположенные в местах резкого изменения сечения элемента, а также в местах приварки ребер и фасонок.

2.5. Запрещается правка элементов путем наплавки валиков дуговой сваркой, дугой, образованной графитовыми электродами, а также плазменными горелками.

2.6. Металл рекомендуется править ацетилено-кислородными горелками типа ГС-3 и ГС-4 с номером наконечника не ниже 5 (см.приложение I). Допускается применение горелок (например, типа ГЗУ-2-62П), разработанных для пропан-бутана и других газов-заменителях ацетилена. Для повышения тепловой эффективно-

сти пламени газов-заменителей ацетилена рекомендуется несколько увеличивать в смеси газов количество кислорода и применять горелки с сетчатыми наконечниками (номер 6 и выше), имеющими подогревающее пламя.

Режимы правки, приведенные в настоящем Руководстве, даны для ацетилено-кислородных горелок. Для горелок, работающих на газах-заменителях ацетилена, режимы правки должны подбираться опытным путем.

2.7. Температуру местного нагрева металла при термической и термомеханической правке рекомендуется принимать равной 700°С; для этой температуры рассчитаны все приведенные в настоящем Руководстве графики, номограммы и таблицы режимов правки. Допускается повышение температуры нагрева до 900°С (кроме п.2.8).

2.8. Термически упрочненные стали во избежание разупрочнения запрещается нагревать выше 700°С.

2.9. В исключительных случаях при термической и термомеханической правке допускается применять проколачивание нагретого металла кувалдой через гладилку; при этом температура металла не должна опускаться ниже 700°С.

2.10. Расстояние от конца наконечника горелки до поверхности металла следует принимать равным 1,0-1,2 длины ядра пламени.

2.11. Температура нагрева и контроль ее постоянства под ядром пламени горелки на нагреваемой площади элемента определяется с помощью оптических пирометров, термокарандашей и устройства для контроля температуры нагрева (приложение 2), а также визуально по цвету каления стали с применением температурной шкалы цветов, приведенной в табл.2.

2.12. Для проверки правильности определения температуры нагрева следует проводить контрольные испытания каждого газоправильщика не реже одного раза в квартал (см.приложение 2).

2.13. Запрещается охлаждать нагретый металл водой.

2.14. Допускается повторный нагрев одних и тех же участков после полного остывания металла, но не более трех раз (кроме термически улучшенного проката).

2.15. Контроль за выполнением технологических указаний по термической правке и правил техники безопасности возлагается на старших и сменных мастеров и технологов цеха.

Таблица 2

Цвет нагрева стали	Температура нагрева, °С
Темно-коричневый	550-580
Темно-вишневый	580-650
Темно-красный	650-730
Темно-вишнево-красный	730-770
Светло-красный	770-800
Светло-вишнево-красный	800-830
Густо-оранжевый	830-900

3. ХОЛОДНАЯ ПРАВКА. ПРАВКА ИЗГИБОМ ЛИСТОВОГО ПРОКАТА НА ЛИСТОПРАВИЛЬНЫХ ВАЛЬЦАХ

3.1. Листовой прокат следует править на листоправильных вальцах с параллельными рядами валков количеством не менее 5 (приложение 3).

3.2. При большой ширине исправляемых листов прочность правильных валков и его подшипниковых узлов зачастую является недостаточной. В этих условиях листоправильные машины снабжаются опорными роликами. Относительно правильных валков опорные ролики располагаются попарно (рис.3а), в шахматном порядке (рис.3б) или смешанно. По длине правильных валков опорные ролики устанавливаются в несколько рядов (рис.3в).

Шахматное расположение опорных роликов относительно правильных валков является наиболее распространенным, так как

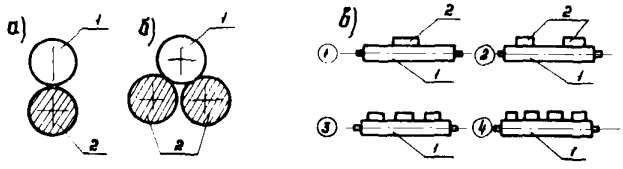

Рис.3. Схемы расположения опорных роликов в листоправильных машинах:

а) схема расположения опорных роликов попарно с правильными валками; б) схема расположения опорных роликов и правильных валков в шахматном порядке; в) схема расположения опорных роликов по длине валка (1 - правильные валки, 2 - опорные ролики, ② - количество роликовых опор)

именно оно позволяет получить высокую прочностную характеристику листоправильных машин, применяемых для холодной правки очищенных от окалины листов.

Листы, имеющие окалину, правят на машинах со связанными взаимным расположением правильных валков и опорных роликов. В этом случае для свободного удаления окалины опорные ролики нижнего ряда устанавливают попарно, а в верхнем ряду для повышения прочности верхней траверсы правильные валки и опорные ролики размещаются в шахматном порядке.

3.3. Опорные ролики каждого ряда монтируются в одну секцию, положение которых по высоте регулируется специальными механизмами, в зависимости от вида и величины исходного дефекта. листа. В связи с этим давление от опорных роликов на правильные валки прерывается в местах установки подшипников для опорных роликов. Давление со стороны правильных валков на лист по ширине неодинаково, что приводит к появлению на поверхности выправленного материала продольных полос (матрацности). Вероятность получения "матрацности" исключается при большом количестве роликовых опор.

3.4. Радиус изгиба в машине с параллельными рядами валков (рис.4) следует определять по формуле (I). При этом надо знать

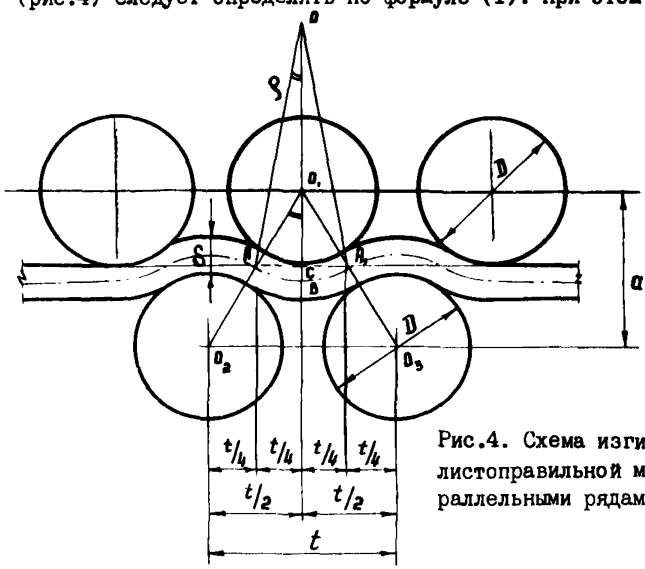

Рис.4. Схема изгиба листа в листоправильной машине с параллельными рядами валков

толщину листа (δ), геометрию машины и величину опускания верхних валков (h) выше или ниже их нейтрального положения (нейтральным положением валков считается такое положение, при котором все валки соприкасаются с прямой линией прохода).

$$\rho = \frac{AA_1^2 + 4CB^2}{8CB} = \frac{t^2 + 4(D+\delta-a)^2}{16(D+\delta-a)} = \frac{t^2+4h^2}{16h} \approx \frac{D}{2} + \frac{\delta}{2}, \quad (1)$$

где
$$D + \delta - a = h \quad (2)$$

t - шаг правильных валков, мм.

Чтобы выправить качественно лист с радиусом исходной кривизны $R_{исх}$, необходимо согнуть его в машине на радиус изгиба меньший исходного, с учетом пружинения заготовки. Необходимый радиус изгиба при правке рекомендуется определять по таблицам приложения 4 в зависимости от предела текучести, радиуса исходной кривизны листа и его толщины. Для промежуточных значений указанных величин, радиус изгиба находится по интерполяции, используемый при технологических расчетах правки и настройки машины.

3.5. Величину настройки " h " средних рабочих валков следует определять из уравнения

$$h = 2\rho - \sqrt{4\rho^2 - \frac{t^2}{4}}. \quad (3)$$

Для контроля расстояния между центрами валков листоправильные машины должны быть оборудованы указателями их сближения. Крайние направляющие валки настраиваются опытным путем в зависимости от настройки средних правильных валков: если лист загибается, то крайние валки следует опустить и наоборот.

3.6. Процесс определения технологических возможностей листоправильных машин включает в себя:

- определение наибольших размеров поперечного сечения выправляемого листа для данного типа машины из условий прочности элементов машины и предельных контактных напряжений между валками и заготовкой;

- определение минимальной толщины листа из условия геометрии машины.

3.7. Для листоправильных машин, не имеющих опорных роликов по длине валков (типа "Бенни"), основной величиной, огра-

Таблица 3

Значение коэффициента m и m_0

E_1 МПа	Коэффициент K										
	0,005	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50
2500	2,68	2,08	1,79	1,69	1,63	1,60	1,53	1,43	1,32	1,18	1,0
4500	3,62	2,53	2,63	1,62	1,73	1,66	1,56	1,44	1,33	1,18	1,0

ничивающей размеры заготовки, выправляемой в машине, является величина предельных напряжений в валках.

Максимальная ширина (B_{max}) заготовки с известной толщиной и пределом текучести материала G_T, отличными от указанных в паспорте машины, следует определять из условия прочности наиболее нагруженного валка по формуле

$$B_{max} = h - \sqrt{h^2 - \frac{m_0 G_T^0 \delta_0^2}{m G_T \delta^2} (2L - B_0) B_0}, \qquad (4)$$

где m - коэффициент (таблица 3), устанавливаемый в зависимости от $K = \frac{G_T \cdot \rho}{E \delta}$ и модуля упрочнения E_1 = 2500 МПа, а m_0 - от $K = \frac{G_T^0 \rho_0}{E \delta_0}$ и E_1 = 4500 МПа (таблица 4)

$$\rho = \frac{L^2 + 4 h_0^2}{16 h_0} \qquad (5)$$

(h_0 - величина опускания валков при правке листа с толщиной δ_0).

L - расчетный пролет правильных валков.

3.8. Для листоправильных машин с опорными роликами по длине правильных валков (рис.5) основными условиями, ограничивающими размеры заготовки, являются величина предельных изгибающих моментов в валках и прочность основных органов машины с учетом промежуточных опор.

Максимальные размеры заготовки следует назначить из условия равенства изгибающих моментов в заготовке и листе по паспорту машины при условии равнопрочности основных элементов машины. С увеличением толщины и уменьшением ширины заготовки возрастает давление на промежуточные опоры роликов, которые рассчитаны на опорные реакции, возникающие при правке листа с размерами по паспорту машины.

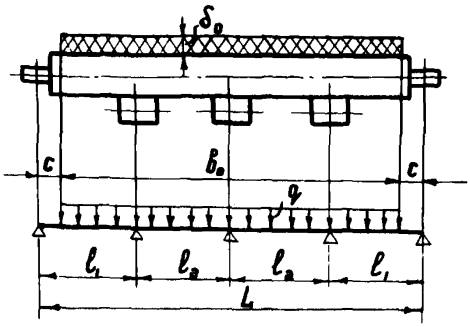

Рис.5. Расчетная схема правильных валков в зависимости от количества роликовых опор

3.9. Максимальная ширина (толщина) заготовки при известных толщине (ширине), модуле упрочнения и пределе текучести, отличными от паспортных данных машины, определяют по формулам:

Таблица 4

Средние значения модулей упрочнения E_1, МПа

Класс прочности стали	Марка стали	Состояние поставки стали			
		горячекатаная	нормализованная	закалка и отпуск	закалка и высокий отпуск
С38/23	ВСт3	2500	2500	-	-
С44/29	09Г2С	4500	4500	2500	-
С46/33	10Г2С1	4500	4500	2500	-
С52/40	10ХСНД	4500	4500	2500	-
С60/45	16Г2АФ	4500	4500	2500	-
С70/60	12Г2СМФ	-	-	-	2500
С70/60	12ГН2МФАЮ	-	-	-	2500
С85/75	12ХГН2МФБАЮ	-	-	-	2500

$$B_{макс} = \frac{m_0 \sigma_T^0 B_0 \delta_0^2}{m \sigma_T \delta^2} N^2 \qquad (6)$$

$$\delta_{макс} = \delta_0 \sqrt{\frac{m_0 \sigma_T^0 B_0}{m \sigma_T B}}, \qquad (7)$$

где m_0 - коэффициент, обеспечивающий равнопрочность основных элементов машины, зависящий от количества роликовых опор и степени сужения заготовки, приведен в таблице 5.

Таблица 5

Значения коэффициента N

Количество роликовых опор	Значение N при										
	I	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,I	0,05
I	I	0,95	0,88	0,83	0,73	0,75	0,72	0,68	0,65	0,62	0,6I
2	I	0,95	0,9I	0,87	0,83	0,70	0,57	0,49	0,43	0,38	0,36
3	I	0,95	0,86	0,76	0,66	0,56	0,50	0,38	0,34	0,32	0,3I
4	I	0,94	0,84	0,74	0,64	0,55	0,5I	0,43	0,30	0,I9	0,I5

Примечание. Значение N для промежуточных отношений δ/δ_0 могут быть определены линейной интерполяцией.

Определение $\delta_{макс}$ по формуле осуществляется методом последовательных приближений. В итоге необходимо, чтобы значение $\delta_{макс}$ совпало со значением δ, взятым из табл.5.

При определении $\delta_{макс}$ (для установления коэффициента N) необходимо задаться значением $\delta_{макс}$ (первоначально в пределах δ_0), и в случае несовпадения результатов повторить расчет с вновь принятым значением $\delta_{макс}$.

3.I0. При неизвестных значениях предела текучести материала, подготавливаемой к обработке заготовки (известна только марка стали) вместо $\sigma_т$ необходимо подставить $\sigma^т_{макс}$ (таблица 6).

3.II. Минимальная толщина листа, который может быть выправлен на заданной листоправильной машине из условия развития необходимых пластических деформаций, следует определять по формуле

$$\delta_{мин} = \frac{2t^2}{D}\left[0{,}01 + \frac{\sigma_т + E_1\left(0{,}01 - \frac{\sigma_т}{E}\right)}{E - E_1}\right] \qquad (8)$$

или по таблице 7.

3.I2. Рекомендуется производить перерасчет технологических возможностей листоправильных машин на ЭВМ. В этом случае уменьшается трудоемкость вычислений и перерасчет будет более

Таблица 6

Технологические свойства марок стали

Класс прочности стали	Марка стали	Предел текучести, МПа				Временное сопротивление, МПа				Относительное удлинение, %		
		по ГОСТ или ТУ	$\sigma_т^{ср}$	$у^т$	$\sigma_т^{макс}$	по ГОСТ или ТУ	$\sigma_в^{ср}$	$у^в$	$\sigma_в^{макс}$	по ГОСТ или ТУ	$\delta_б^{ср}$	$у^б$
С38/23	ВСт3	230	282	23,4	350	380	466	21,6	520	24	30,3	3,0
С44/29	09Г2С	290	385	38,8	502	440	548	33,0	648	21	27,6	3,14
С46/33	10Г2С1	330	385	20,7	445	460	548	33,0	640	21	28,5	3,42
С52/40	10ХСНД	400	459	37,6	580	520	598	34,6	710	-	-	-
	14Г2АФ	330	478	66,8	678	550	620	54,6	784	20	24,1	3,90
С60/45	16Г2АФ	450	508	41,8	634	600	654	39,4	772	16	23,7	3,24
	12Г2СМФ	600	751	75,1	964	700	838	65,3	1034	12	15,5	2,34
С70/60	12ГН2МФАЮ	600	677	72,6	895	700	782	75,0	1007	14	17,1	2,65
С85/75	12ХГН2МФБАЮ	750	866	73,5	1086	850	978	61,9	1164	12	14,3	2,10

Таблица 7

Значения минимальной толщины выправляемого листа в мм из условия геомтерии машины

$\sigma_т$ МПа	Модель машины													
	"Вепи" 26х х3100	HRL 96 25х х2438	"Фудзи Шаре" 40х х3200	HBRK 25х х3200	HBRK 32х х3200	HBRK 40х х3200	HBRK 50х х4500	XZM 40х х3000	СКМЗ 32х х2500	НКМЗ 25х х2500	НКМЗ 30х х3450	НКМЗ 35х х2650	НКМЗ 50х х3500	НКМЗ 50х х4500
200	11	6	10	6	6	8	13	8	10	8	11	8	20	33
300	11	6	11	6	7	8	14	8	10	9	12	9	21	34
400	12	7	12	7	8	9	15	9	11	10	13	10	22	36
500	12	7	13	8	8	9	15	10	12	10	14	10	24	38
600	13	8	13	8	8	10	16	10	12	11	14	10	25	40
700	13	8	13	8	8	10	16	10	13	11	15	11	26	40
800	14	8	14	9	9	10	17	11	13	11	15	11	26	42
900	14	8	14	9	9	11	18	11	13	12	16	11	26	45
1000	15	9	15	9	9	11	18	12	14	12	16	12	28	45
1100	15	9	15	9	10	12	19	12	14	13	17	12	28	48
1200	16	9	16	10	10	12	20	12	15	13	17	12	30	48

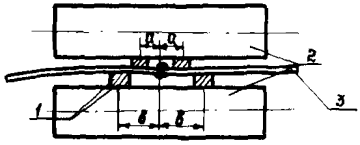

Рис.6. Листоправильные валки с прокладками вдоль шва:
I - прокладки; 2 - валки;
3 - деформированный лист

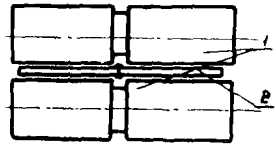

Рис.7. Листоправильные валки с проточенной канавкой:
I - валки; 2 - деформированный лист

полным. В приложении 5 технологические возможности листоправильных машин, рассчитанные с помощью ЭВМ.

3.I3. Примеры расчета технологических возможностей листоправильных машин с отсутствием и наличием опорных устройств по длине валков приведены в приложении 6.

3.I4. При правке саблевидности на листоправильных машинах на вогнутой стороне листа укладывают прокладки толщиной I,5--2,0 мм, шириной I00-I50 мм и длиной 600-700 мм. При правке хлопунов такие прокладки укладывают по обеим кромкам на поверхности листа. При этом суммарная толщина листа должна быть не более рассчитанной по возможностям данной машины.

3.I5. На листоправильных машинах допускается править заломы, расположенные только на продольных кромках листа.

3.I6. Допускается правка тонколистовой стали пакетом. Сумма толщины листов в пакете не должна превышать максимальной толщины одного листа, который можно выправить на данной машине. Режим правки пакетом следует определять опытным путем.

3.I7. Полотнища с продольными стыковыми швами рекомендуется править на машинах, используя один из следующих способов:

- с применением прокладок, уложенных вдоль сварного шва с обеих сторон листа (рис.6);

- после снятия усиления шва с обеих сторон полотнища;

- с применением специальных валков с проточенными канавками для пропуска усиления шва (рис.7).

Полотнища толщиной 20 мм и более необходимо править за несколько проходов.

3.18. Полотнища с поперечными стыковыми швами допускается править на машинах при условии, если толщина полотнища не превышает 20 мм, а величина усиления шва с каждой стороны не превышает 3 мм. В этом случае не допускается применение жестких режимов правки во избежание появления трещин в шве и околошовной зоне.

4. ТЕРМИЧЕСКАЯ ПРАВКА. ПРАВКА ЛИСТОВОГО ПРОКАТА

4.1. Волнистость, выгиб или местную погнутость листовой стали следует править нагревом одной или нескольких полос, расположенных по гребню волны (рис.8).

Ширину полосы нагрева b вследует определять по графикам, приведенным на рис.9 и 10, на которых даны зависимости для горелок с эффективной мощностью 1300, 1750 и 2200 кал/сек, что соответствует ацетилено-кислородным горелкам с наконечниками номер 5, 6, 7 (см.приложение 7). В случае применение горелок, работающих на других газах, можно использовать графики, приведенные на рис.9 и 10, определив согласно указаниям приложения их эффективную мощность.

4.2. Стрелку прогиба после правки волнистости допускается предварительно определять сразу же после нагрева полосы.

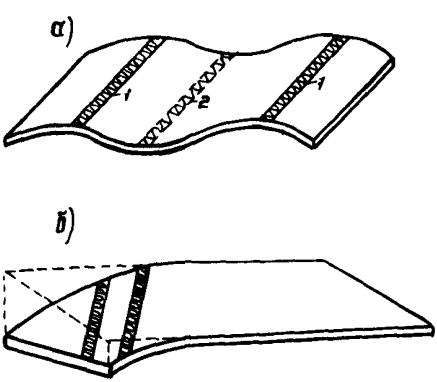

Рис.8. Термическая правка волнистости (а) и выгиба листа (б)

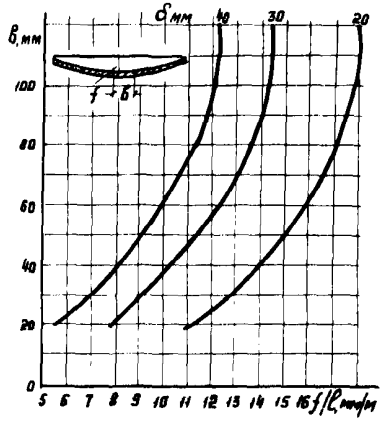

Рис.9. Зависимость величины угловых деформаций f/ℓ от ширины полосы нагрева ацетилено-кислородной горелкой № 6 листов толщиной 20, 30, 40 мм

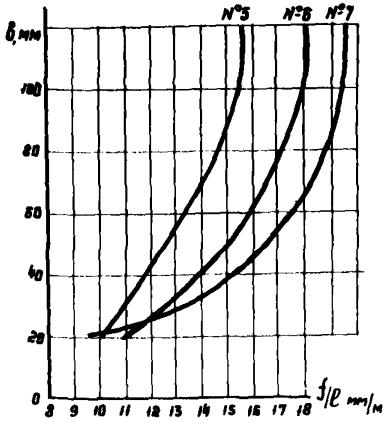

Рис.10. График для определения режима правки листа толщиной 20 мм в зависимости от номера горелки

4.3. Правку саблевидности листовой стали следует производить нагревом полосы, клиньев или зон в виде полуокружности (рис.11) со стороны выпуклой кромки.

4.4. Не рекомендуется править детали нагревом полосы при отношении ее ширины h_1 к общей высоте сечения листа h более 0,2 (см.рис.11а).

4.5. Величину изменения стрелки прогиба при правке саблевидности нагревом полосы следует определять по графику (рис.12) в следующей последовательности:

- замеряется стрелка выгиба листа f_0 ;
- определяется отношение стрелки выгиба f_0 (мм) к общей длине ℓ (в м) деформированного листа;
- по графику определяется отношение h_1 / h , из которого устанавливается необходимая ширина полосы нагрева.

Примечание. Минимальный размер полосы нагрева принимается равным трем толщинам листа.

4.6. Не рекомендуется повторный нагрев полосы по первоначальному режиму. В случае, если после первого нагрева остаточные деформации не устранены, требуется нагреть полосу большей ширины или до более высоких температур.

4.7. Высоту клина следует назначать равной 2/3 h (h - высота сечения листа).

4.8. Клин рекомендуется нагревать последовательно, перемещая пламя источника нагрева зигзагообразно от вершины к основанию (рис.11б).

4.9. Режимы правки саблевидности листов нагревом зон в виде клина следует определять по графикам рис.13, 14 в следующей последовательности:

- замеряется стрелка выгиба элемента;
- по номограмме, приведенной на рис.14, определяется необходимое для правки количество нагреваемых зон в зависимости от стрелки выгиба f_0 и длины элемента ℓ ;

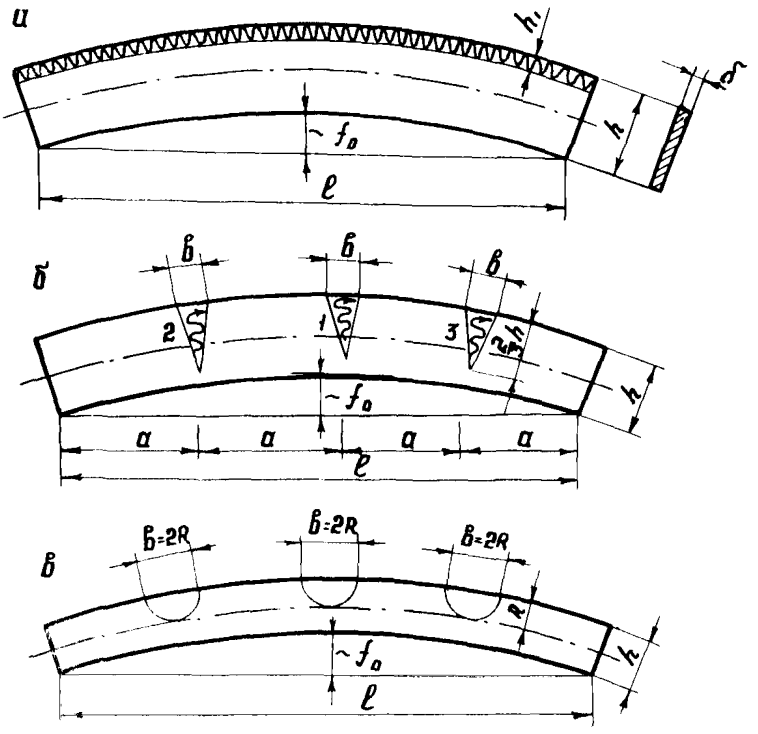

Рис.11. Правка нагревом саблевидности листового проката:

а - полосовой; б - клиньями; в - полуокружностями

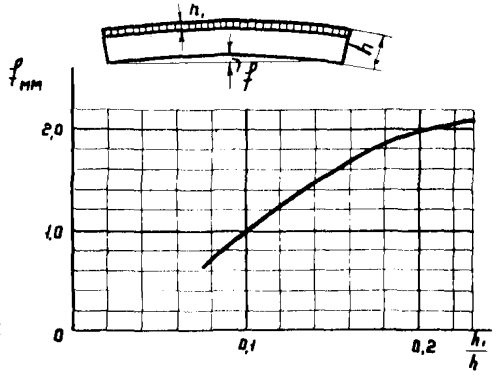

Рис.12. График для определения размеров зоны нагрева в виде полосы

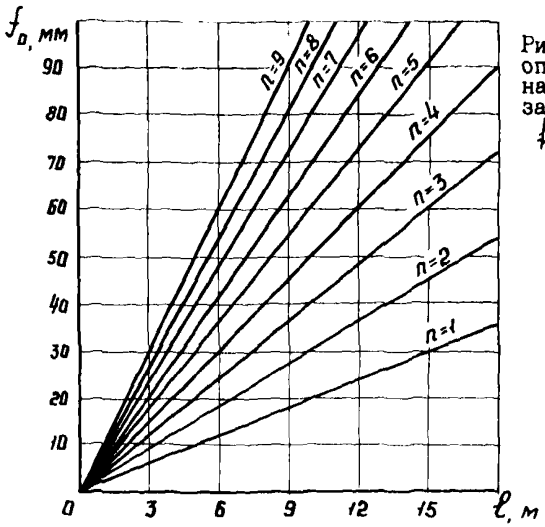

Рис.13. Номограмма для определения количества нагреваемых зон n в зависимости от выгиба f_0 и длины элемента ℓ

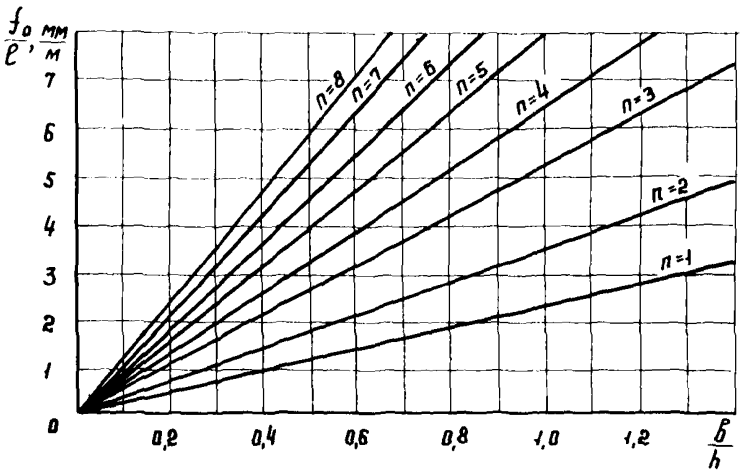

Рис.14. Номограмма для определения размеров зон нагрева (в) при правке саблевидности листа и изгиба элементов в плоскости полок

- ширина основания клина b определяется по номограмме, приведенной на рис.I4, в зависимости от отношения f_0/l и количества нагреваемых зон n ;

- по длине деформируемого элемента зон нагрева расположить равномерно с шагом a (см. рис.II)

$$a = \frac{l}{n+1}.$$

4.I0. Предельно допустимая ширина основания клина b должна приниматься в зависимости от толщины листа по табл.8.

4.II. Если ширина основания клина b , определяемая по номограмме, превышает предельно допустимую, то следует располагать рядом 2 или более клина, суммарная ширина основания которых равна ранее выисленному значению b .

4.I2. Для оценки точности выбранных режимов правки следует ее производить, начиная нагрев в зоны, ближайшей к середине элемента.

П р и м е ч а н и е. Порядок последовательного нагрева зон (при n =3) указан на рис.II6 цифрами.

4.I3. Рекомендуется после нагрева первой зоны и охлаждения ее замерить остаточный прогиб f и сравнить его с теоретическим f_1 , который определяется по номограмме на рис.I5 в зависимости от стрелки выгиба элемента f_0 и количества нагреваемых зон n .

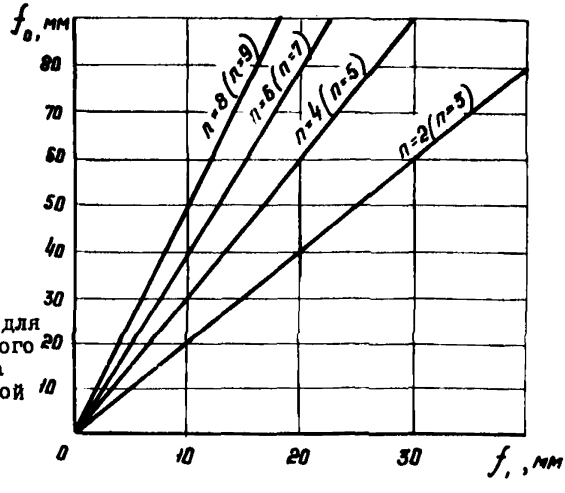

Рис.I5. Номограмма для определения расчетного остаточного прогиба f_1 от нагрева первой зоны

Таблица 8

Материал	Наибольшая ширина основания клина при толщине листа в мм					
	6	I0	I4	I8	20	30
Сталь углеродистая	50	80	I20	I45	I60	240
Сталь низколегированная	40	60	85	II0	I20	I80

Примечание. Предельная ширина основания клина принята из условия устойчивости свободной кромки листа под действием сжимающих напряжений, возникающих в процессе нагрева.

Если расхождение между f и f_1 составляет не более 5%, то следует продолжить правку согласно выбранному режиму.

Если расхождение между f и f_1 более 5%, то следует осуществить корректировку режима правки, т.е. увеличить или уменьшить ширину основания клиньев. По номограмме рис.I6 в зависимости от отношения f_1/f и выбранного равнее отношения b/h определить уточненное значение ширины основания клина b_1.

4.I4. При правке саблевидности листов с высотой сечения 250 мм следует выбранную по номограмме (см.рис.I4) ширину основания клина b умножить на коэффициент 0,8.

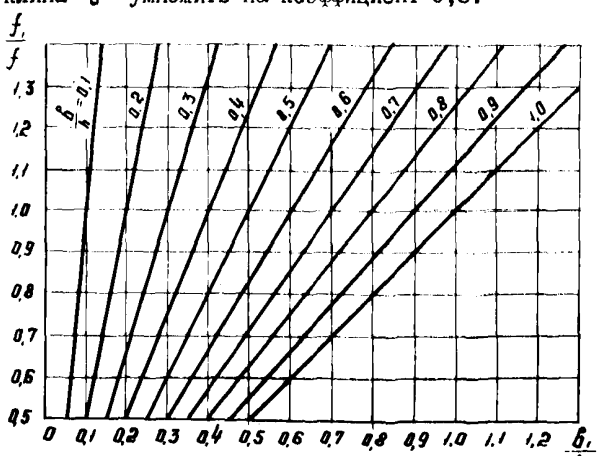

Рис.I6. Номограмма для корректировки режимов правки элементов конструкций

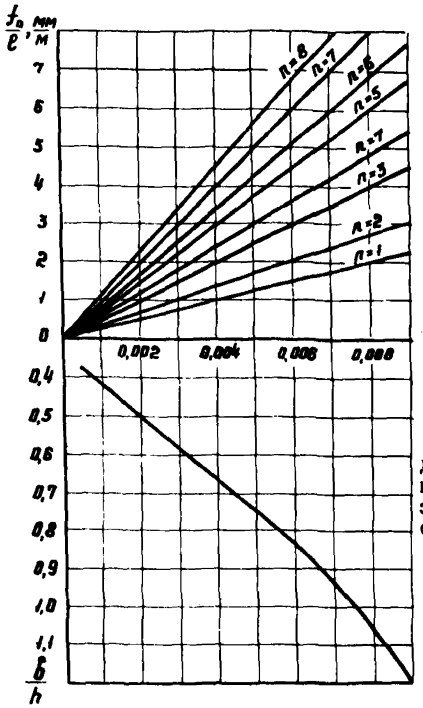

Рис.I7. Номограмма для определения размеров нагреваемой зоны в виде полуокружности

4.I5. При правке саблевидности узких листов (h не более I50 мм) зоны нагрева целесообразно располагать в виде полуокружности (см.рис.IIв) с радиусом R

4.I6. Режимы правки нагревом зон в виде полуокружности рекомендуется определять по номограмме, приведенной на рис.I7 в следующей последовательности:

- определяется необходимое количество зон нагрева по номограмме на рис.I4;

- в зависимости от отношения f_0/ℓ и количества зон нагрева n по номограмме определяется угол поворота сечения φ, по которому устанавливаются размеры (диаметр полуокружности b) зон нагрева.

П р и м е ч а н и е. В случае необходимости корректировку режимов правки производить в соответствии с указаниями п.4.I3.

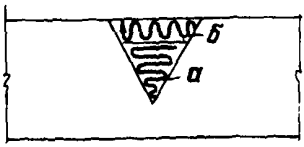

Рис.I8. Ступенчатый нагрев клина:
а и б - последовательно нагреваемые части

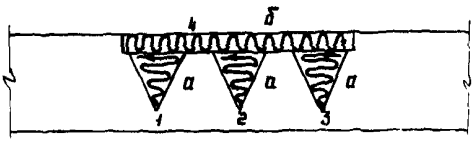

Рис.I9. Нагрев гребенкой:
а и б - последовательно нагреваемые части

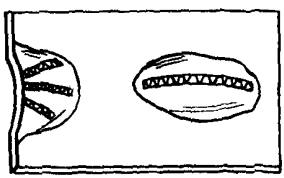

Рис.20. Правка выпучин листовой стали нагревом полос

4.I7. При узких листах или наличии значительных остаточных деформаций рекомендуется применять ступенчатый способ нагрева клина в следующей последовательности:

- нагреть часть "а" (рис.I8) от вершины к основанию;

- убрать горелку и подождать остывания нагретой части до исчезновения свечения металла;

- нагреть часть "б".

При нагреве нескольких клиньев, расположенных рядом, часть "б" принимается для них общей (рис.I9) - нагрев гребенкой.

На рис.I9 цифрами указан порядок нагрева элементов гребенки, а стрелками - направление движения горелки.

4.I8. При толщине листа более 20 мм во избежание образования деформаций в плоскости, перпендикулярной плоскости листа, нагрев рекомендуется вести одновременно двумя горелками с обеих сторон клина или полосы; в случае, когда производится нагрев узкой полосы по кромке листа, можно пользоваться одной горелкой.

4.I9. Термическую правку выпучин листовой стали (рис.20) при толщине металла до I4 мм, следует осуществлять согласно указаниям (пп.раздела 7), а при толщине свыше I4 мм - п.4.I.

4.20. Стрелку прогиба после термической правки выпучин следует измерять после полного остывания металла.

4.2I. Соединения с "домиком", имеющие стрелку перелома в стыке, превышающую 0,I толщины полотнища (но не более 2 мм) на базе измерения 400 мм, допускается править нагревом швов. В конструкциях, изготовленных из термически упрочненных сталей при правке "домиков" часть шва, расположенную на выпуклой стороне стыка, следует удалить воздушно-дуговой строжкой, зачистить и заварить вновь.

П р и м е ч а н и е. Ввиду большой трудоемкости правки "домиков" рекомендуется уделять особое внимание созданию перед сваркой предварительного угла перелома.

5. ПРАВКА ГРИБОВИДНОСТИ И ПЕРЕКОСА ПОЛОК

5.I. Термическую правку грибовидности следует осуществлять с помощью автомата АТПГ-2М (приложение 7) или ручным способом путем нагрева полосы или двух смежных полос, расположенных на гребне (рис.2I).

5.2. Термическую правку перекосов производят либо нагревом полос на полке (рис.22), либо на стенке балок (рис.23).

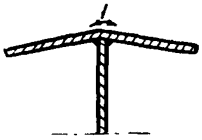

Рис.2I. Правка грибовидности нагревом полосы:
I - зона расположения полосы

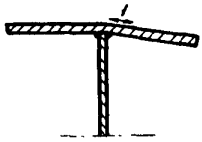

Рис.22. Правка перекоса и грибовидности нагревом полосы на полке:
I - зона расположения полосы

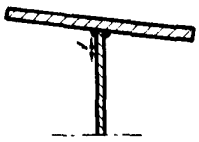

Рис.23. Правка перекоса полок нагревом полос на стенке:
I - зона расположения полосы

5.3. Характеристики нагреваемых полос определяют по графикам, приведенным на рис.10 и 11, и указаниям п.4.1 настоящего Руководства.

5.4. Результаты правки грибовидности и перекоса поясов допускается проверять сразу же после нагрева полосы.

6. ПРАВКА ПРОДОЛЬНОГО ИЗГИБА

6.1. Основные виды деформаций изгиба продольной оси элементов можно разделить на изгиб элемента в плоскости стенки (рис.24) и полки (рис.25).

6.2. Для правки деформаций продольного изгиба следует применять зоны нагрева в виде клина, полуокружности и комбинации клина и прямоугольника.

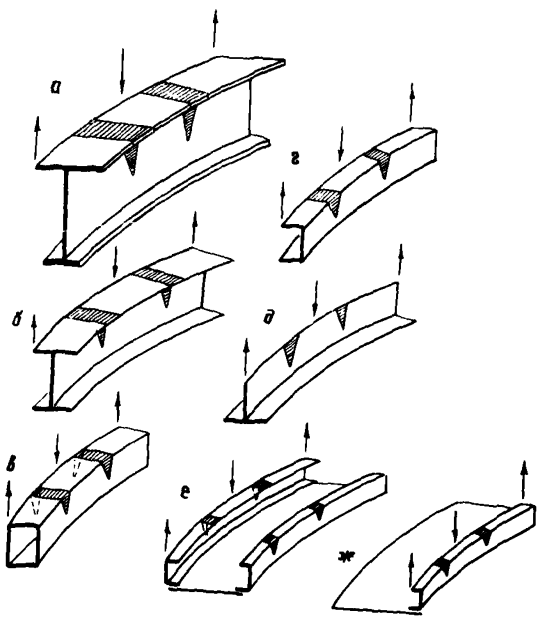

Рис.24. Линейные деформации элементов в плоскости стенки:
а - несимметричный двутавр; б - симметричный двутавр; в - коробчатое сечение; г - сечение типа швеллер; д - тавровое сечение; е и ж - площадки

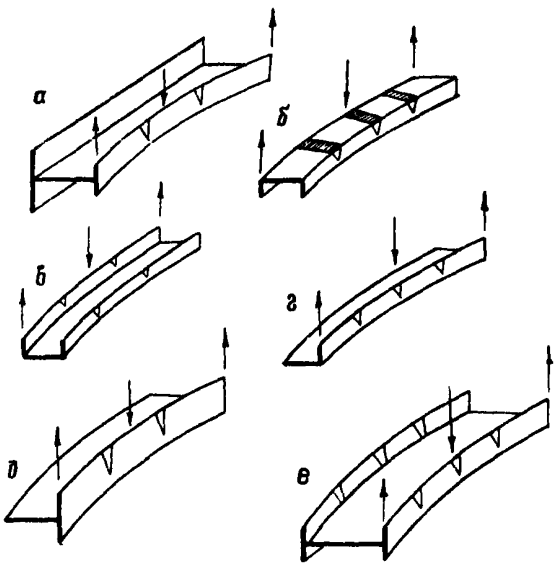

Рис.25. Линейный изгиб элементов в плоскости полок:
а - изгиб в плоскости одной полки; б - в - сечение типа швеллер; г - уголок; д - двутавр (изгиб в плоскости обеих полок)

6.3. При правке элементов, для которых необходим совместный нагрев клиньев и прямоугольников (см.рис.25) рекомендуется следующий порядок правки: вначале нагревают клинья, высота которых равна высоте элемента, затем прямоугольник, основание и высота которого соответственно равны основанию клина и ширине элемента. На рис.24-25 стрелками показано направление деформаций после правки.

6.4. Клинья следует нагревать от вершины к основанию, а прямоугольник - перемещая горелку зигзагообразно вдоль элемента. При нагреве прямоугольника на широких полках следует использовать одновременно две горелки: порядок перемещения их показан на рис.26.

6.5. При наличии деформаций изгиба в двух взаимно перпендикулярных плоскостях режимы правки определять отдельно для каждой плоскости с учетом соответствующей величины деформаций. Правку следует вести, устранив деформации сначала в одной плоскости, а затем в другой, согласно выбранным режимам.

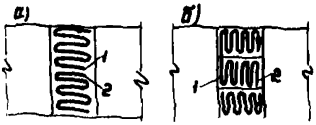

Рис.26. Последовательность движения горелок при нагреве прямоугольников на широких полках:
I и 2 - направление движения каждой горелки

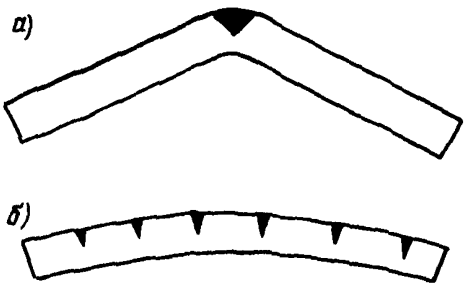

Рис.27. Термическая правка выгиба различной кривизны

6.6. Перелом элемента следует править нагревом широкого клина в месте перелома (рис.27а): если кривизна равномерно расположена вдоль длины элемента, то править следует нагревом нескольких узких клиньев, равномерно распределенных по длине (рис.27б) или нагревом полосы (рис.28), определяя режим в соответствии с графиком на рис.29.

6.7. При правке линейных элементов, изогнутых в плоскости (рис.24, кроме рис.24б) и элементов таврового сечения (рис.25д) зону нагрева следует принимать в виде клина при ширине полок (стенки) более 150 мм или в виде полуокружности при ширине полок (стенки) менее 150 мм.

6.8. При правке элементов симметричного сечения высоту клина следует принимать равной 2/3 h (h - высота сечения элемента). При правке элементов несимметричного сечения высоту клина определять из условия, что отношение $F_н / F = 0{,}6$, где $F_н$ - площадь зоны нагрева по поперечному сечению элемента;

F - площадь всего сечения элемента.

6.9. Необходимое количество зон нагрева следует определять в зависимости от стрелки выгиба и длины элемента по номограмме, приведенной на рис.14.

6.10. При изгибе линейных элементов в плоскости стенки (рис.24) рекомендуется размеры нагреваемых зон в виде клиньев

определять по номограмме, приведенной на рис.30 в зависимости от отношения f_0/ℓ и количества зон нагрева n .

6.II. Предельная допустимая ширина основания клина b принимается в зависимости от толщины листа по таблице 8.

6.I2. При изгибе линейных элементов в плоскости полок (рис.25) рекомендуется количество и размеры клиньев определять согласно указаниям пп.4.7 - 4.I3.

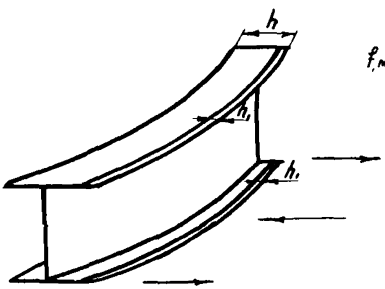

Рис.28. Правка выгиба нагревом полосы

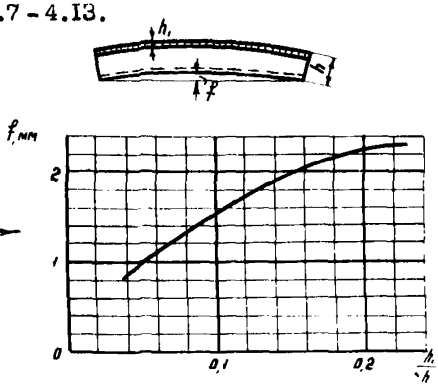

Рис.29. График зависимости остаточного прогиба f от отношения h_1/h , h_1 и h соответственно ширине полосы нагрева и ширина листа

6.I3. При правке элементов с узкими полками (ширина полок не более I50 мм) при изгибе в плоскости полок зоны нагрева целесообразно принять в виде полуокружности, размеры которой определяются в соответствии с указаниями пп.4.I5 - 4.I6.

6.I4. При нагреве элементов с шириной полок не более 250 мм при изгибе в плоскости полок следует выбранную по номограмме рис.I4 ширину основания клина умножить на коэффициент 0,8.

6.I5. Рекомендуется при определении режимов правки конструкций и элементов из стали класса С60/45 использовать графики и номограммы, приведенные выше. При этом выбранную ширину основания зоны нагрева b следует умножить на коэффициент I,2.

6.I6. Стрелку выгиба разрешается измерять после выравнивания температуры по сечению элемента.

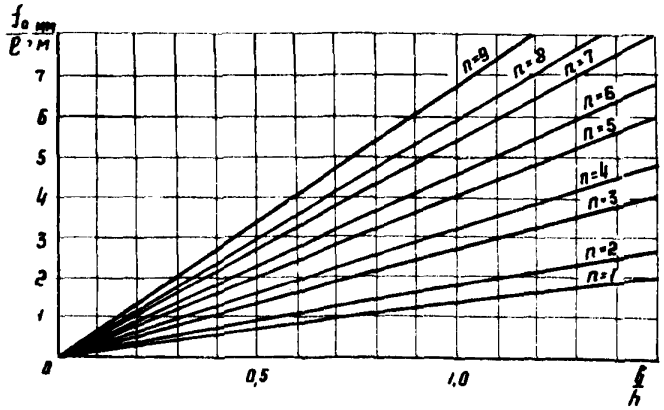

Рис.30. Номограмма для определения размеров нагреваемых зон в виде клина при правке деформаций изгиба в плоскости стенки элемента

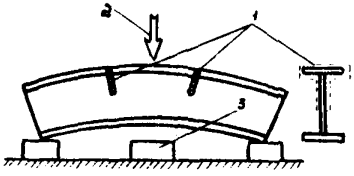

Рис.31. Термомеханическая правка выгиба оси элемента:

I - полосы нагрева; 2 - груз, устанавливаемый до начала нагрева; 3 - страхующая подкладка

6.17. При термомеханической правке выгиба нагревают поперечную полосу с выпуклой стороны на половине высоты элемента (рис.31). Следует нагревать одновременно всю полосу одной или двумя горелками - в зависимости от длины полосы. Для того, чтобы под воздействием груза не образовалась остаточная деформация в другую сторону, необходимо устанавливать страхующую подкладку 3 (см.рис.31).

7. ПРАВКА ХЛОПУНОВ

7.1. Хлопуны следует править термическим или термомеханическим методом только после завершения правки всех других видов остаточных деформаций элемента.

7.2. Хлопуны в стенках, металл которых имеет предел текучести до 40 кгс/мм^2 включительно, рекомендуется править термическим методом, а свыше 40 кгс/мм^2 - термомеханическим. Допу-

скается определять стрелку хлопуна с вогнутой стороны стенки путем измерения зазора между стенкой и натянутой струной.

7.3. Центр хлопуна и его границы намечаются мелом на той стороне стенки, с которой будет осуществляться нагрев.

Если на стенке имеется два или более хлопунов, то центр и границы размечают для каждого из них.

7.4. Рекомендуется для нагрева стенки применять ацетилено-кислородные горелки с наконечниками номер 6 и более (см. приложение I).

При наличии ацетилено-кислородных горелок с меньшими номерами наконечников, или горелок, работающих на газах-заменителях ацетилена, рекомендуется нагревать стенку одновременно двумя или несколькими горелками с факелами, сведенными в одну точку.

7.5. При термической правке стенку следует нагревать с выпуклой стороны.

7.6. Хлопун следкет править нагревом полос, направленных радиально от его центра. Нагрев каждой полосы начинают с центра хлопуна, каждую следующую полосу следует нагревать после полного остывания металла.

7.7. Режимы термической правки, т.е. ширину $в$, длину l и количество N полос нагрева, рекомендуется определять в зависимости от измеренной стрелки хлопуна f, длина отсека h и толщина стенки δ для балки, имеющей ребра жесткости - по номограммам, приведенным на рис.32а и 33а для балки, не имеющей ребра жесткости - по номограммам, приведенным на рис.34а и 35а.

Примечание. На каждой номограмме пунктирной линией изображен способ определения размеров и количества полос нагрева по заданным исходным данным: тип стали (углеродистая или низколегированная), сторона отсека и толщина стенки, стрелка хлопуна. Примеры расположения на поверхности стенки полос, количество и размеры которых были получены из номограмм (см.пунктирные линии), приведены на рис.32б - 35б.

7.8. Ширина полосы нагрева $в$, определяемая по номограмме, не должна превышать критической величины $в_{кр}$, полученной по этой же шкале $в$, против заданного значения толщины стенки.

Если пересечение А пунктирных линий (см.рис.32а и 35а) попадает точно на кривую с обозначением количества N полос нагрева, то следует принимать $в = в_{кр}$. В противном случае вертикальную пунктирную линию продолжают до пересечения Б с ближайшей кривой с большим значением N, откуда проводя

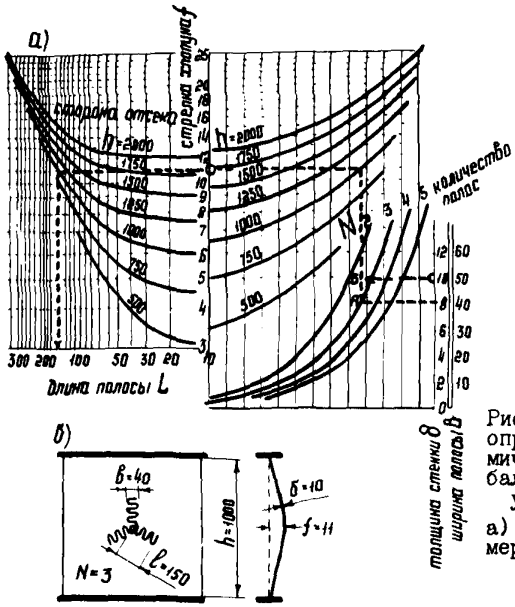

Рис.32. Номограмма для определения режима термической правки стенки балки, изготовленной из углеродистой стали:

а) номограмма; б) пример определения режима правки

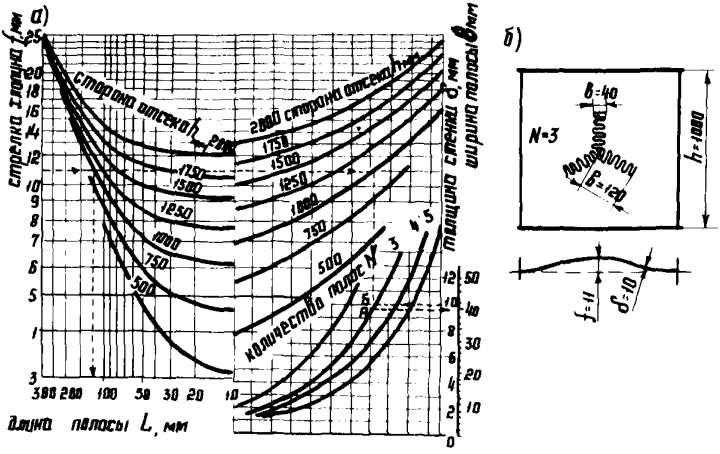

Рис.33. Номограмма для определения режимов правки стенки балки, изготовленной из низколегированной стали:

а - номограмма; б - пример определения режима правки

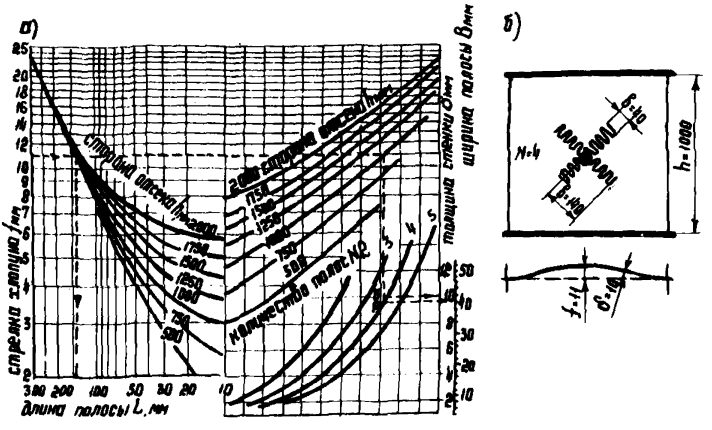

Рис.34. Номограмма для определения режимов термической правки стенок балок без ребер жесткости, изготовленной из углеродистой стали:

а - номограмма; б - пример определения режима правки

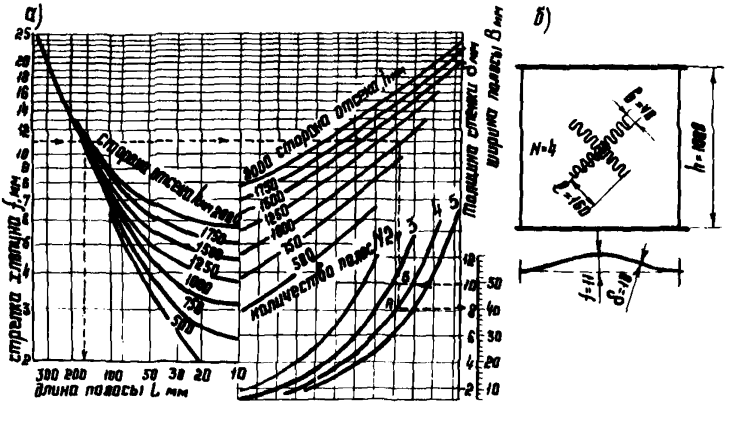

Рис.35. Номограмма для определения режимов термической правки стенок балок без ребер жесткости, изготовленной из низколегированной стали:

а - номограмма; б - пример определения режима правки

горизонтальную пунктирную линию до шкалы b, определяют требуемое значение ширины полосы.

7.9. При соотношении стороны отсека с хлопуном, не превышающим I,5, режим правки хлопуна определяют, исходя из размера большей стороны h. В противном случае режим правки назначают для каждой стороны отсека отдельно, располагая полученные номограммами полосы против соответствующей расчетной стороны отсека.

Примечание. Например, для хлопунов с цилиндрической поверхностью (в балках без ребер жесткости), который можно представить как вписанный в прямоугольник со сторонами h и ∞, расчетной стороной является только h, так как при ∞ определяемое количество полос равно нулю. Следовательно, полосы нужно располагать перпендикулярно стороне h на равном друг от друга расстоянии.

7.10. В процессе правки рекомендуется контролировать величину усадки стенки следующим образом.

После остывания первой нагретой полосы определить с помощью линейки величину уменьшения стрелки хлопуна f_1, и сравнить ее с теоретической, равной

$$f_1^m = \frac{f - f_{доп}}{N},$$

где f – стрелка, измеренная до правки;

$f_{доп}$ – максимально допустимое выпучивание стенки;

N – число полос нагрева, определенное по номограмме.

Если $f_1 \geq f_1^m$, то правку следует продолжать согласно определенному по соответствующей номограмме режиму.

Если $f_1 < f_1^m$ (что может быть следствием высокого предела текучести металла стенки, наличия значительных растягивающих остаточных напряжений от предшествующей правки и др.), то следует изменить выбранный режим, увеличивая либо ширину полосы нагрева с соблюдением условия $b \leq b_{кр}$ или увеличивая число нагреваемых полос N.

После остывания второй нагретой полосы, при необходимости, производится дальнейшая корректировка выбранного режима.

7.11. Режимы для термомеханической правки хлопунов в стенках балок с ребрами жесткости, изготовленных из термически упрочненных сталей, рекомендуется определять по приведенной на номограмме (рис.32 или 34); при этом полученная по номограмме величина b должна быть умножена на коэффициент 0,75.

7.I2. При термомеханической правке хлопунов нагревом пятен их следует располагать в шахматном порядке вокруг центра хлопуна на расстоянии, не превышающем ℓ (см.п.7.II). Диаметр пятен нагрева не должен превышать значений, приведенных в табл.9.

Таблица 9

Вид стали	Диаметр пятен нагрева при толщине стенки, мм			
	8	I0	I2	I4
Углеродистая	50	60	75	90
Низколегированная (горячекатаная)	40	50	65	75
Низколегированная (термически упрочненная)	40	50	60	70

Разрешается одновременно нагревать не свыше 4-5 наиболее удаленных друг от друга пятен. Нагрев новых пятен следует осуществлять после полного остывания ранее нагретых пятен.

7.I3. При термомеханической правке нагрев стенки следует производить только после установки на ее выпуклую сторону (в центре или симметрично относительно центра хлопуна через распределяющие прокладки) груза или какого-либо приспособления, препятствующего увеличению стрелки хлопуна за счет нагрева.

Величину механического усилия (вес груза, усилие от действия домкрата) следует подбирать опытным путем перед началом правки, исходя из условия, чтобы хлопун не был продавлен в обратную сторону.

7.I4. Перед термомеханической правкой стенки с двояковыпуклыми хлопунами следует установить груз на центр одного их хлопунов, а под центром другого укрепить распорку, препятствующую его выпучиванию под действием груза.

7.I5. При термомеханической правке допускается нагревать стенку с вогнутой стороны.

7.I6. Режим термической правки выпученного участка стенки в зоне монтажного стыка ("половинного" хлопуна) допускается определять по пп.7.7, 7.8 как для целого хлопуна. Определенное по номограмме количество полос нагрева необходимо разделить пополам и расположить полосы радиально от центра хлопуна таким образом, чтобы крайние полосы не были параллельны свободной кромке стенки (см.рис.2I).

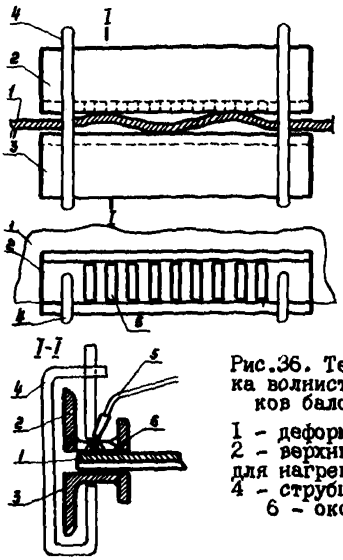

Рис.36. Термомеханическая правка волнистости концевых участков балок и отдельных листов:
I - деформированный лист;
2 - верхний прижим с окошками для нагрева; 3 - нижний прижим;
4 - струбцина; 5 - горелка;
6 - окошки для нагрева

7.17. В случае волнистости свободных кромок стенки в зоне монтажного стыка рекомендуется применять термомеханический метод правки нагревом полос сквозь специальные окна (6), приспособления, изображенного на рис.36.

Струбцины приспособления следует затягивать до нагрева и в процессе правки подтягивать.

Во избежание чрезмерной усадки полос и, как следствие, сокращение высоты стенки в зоне монтажного стыка не следует сразу нагревать много полос. Рекомендуется после нагрева и остывания 2-3 полос измерить стрелку выпучивания и при необходимости вновь продолжить правку, нагревая не более 2-3 полос.

7.18. Допускается применение воздухоструйного искусственного охлаждения нагретых стенок, за исключением изготовленных из термически упрочненной стали.

8. ПРАВКА ПРОЧИХ ВИДОВ ДЕФОРМАЦИЙ

8.1. Правку винтообразности коробчатых сварных элементов следует производить термическим способом и в отдельных случаях (см.п.8.4) - комбинированным способом.

8.2. Термическая правка винтообразности должна производиться нагревом вертикальных и горизонтальных листов коробчатых элементов в местах наибольшей деформации. Нагрев следует производить двумя парами клиньев в одном сечении элемента, причем общее основание каждой пары должно располагаться на двух противоположных по направлению диагонали гранях.

В том случае, если нагрев в одном сечении не исправляет деформацию до требуемой величины, элемент следует нагреть в другом сечении.

8.3. Если винтообразность коробчатого элемента невозможно исправить термическим способом, необходимо срезать верхний го-

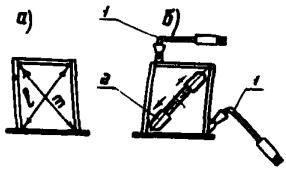

Рис.37. Термомеханическая правка ромбовидности коробчатого сечения:

а - деформированное сечение элемента; б - нагрев горелками I элемента раскатого домкратом 2 по диагонали ℓ

ризонтальный лист и затем выправить элемент холодным способом. После этого верхний горизонтальный лист следует заново приварить, соблюдая правильную последовательность технологического процесса.

8.4. Для правки ромбовидности коробчатых элементов необходимо разжать сечение домкратом по короткой диагонали на величину, равную двукратному укорочению данной диагонали. Затем производят нагрев полос рядом с наружными швами, расположенными по короткой диагонали, с одной стороны каждого шва. При необходимости следует продолжить нагрев с другой стороны шва (рис.37).

Характеристики газопламенных горелок

Тип горелки	Длина, мм	Масса, кг	Горючий газ	Номер наконечника	Расход газа, м³/ч		Эффективная мощность пламени, кал/с
					горючего	кислорода	
ГЗУ-2-62П	585	I,5	пропан-бутан или природный газ	6	0,65-I,05	2,2-3,6	до 3000
				7 (сетчатые)	I,05-I,7	3,5-5,8	до 4300
ГВПН	630	I,5	пропан-бутан		I,0-I,2	(воздух из атмосферы)	(I500)
ГВ-I		I,5	пропан-бутан	I	0,6	(воздух из атмосферы)	(I000)
				2	I,2		(I500)
				3	I,7		(2000)
ГС-3	600	I,0	ацетилен	5	0,66-I,I0	0,47-I,2	I300
				6	I,05-I,75	I,I5-I,95	I750
				7	I,70-2,80	I,90-3,I0	2200
ГС-4	-	-	ацетилен	8	2,8-4,5	3,I-5,0	(3000)
				9	4,5-7,0	5,0-8,0	(4000)
ГС-4П	-	-	пропан-бутан	8	I,7-2,7	6,0-9,5	(5000)
				9 (сетчатые)	2,7-4,2	9,5-I4,7	(7000)
ГАО-2-72	I290	2,0	ацетилен	(многопламенные)	2,0	2,2	(2000)

Примечания: I. В скобках приведены ориентировочные расчетные значения эффективной мощности пламени горелок.

2. Горелки типа ГЗУ-2-62П, ГВПН, ГВ-I, ГС-3 и ГАО-2-72 отличаются только наконечниками и имеют рукоятку горелки ГС-3.

3. Горелка ГВ-I в отличие от горелки ГВПН имеет более длинное пламя (до I м). Во время эксплуатации следует эти горелки держать наклонно по отношению к нагреваемой поверхности.

Приложение 2

Устройство для контроля температуры нагрева и основные показатели термопар

Устройство (рис.I) предназначено для визуального определения и контроля температуры нагрева, которая для термической и термомеханической правки принимается равной 700°С.

Устройство состоит из хромель-алюмелевой термопары, закрепленной, как это показано на рис.I, в стальной очищенной от окалины пластинке и подсоединенной к измерительному прибору со шкалой, проградуированной в градусах Цельсия.

Характеристики термопар и приборов приведены в табл.I и 2.

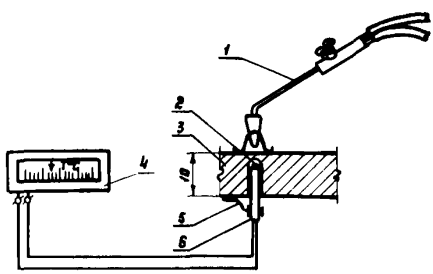

Таблица I

Характеристика термопар	Тип термопар		
	хромель-копелевая	хромель-алюмелевая	платинородий-платиновая
Пределы измерения температур, °С:			
при длительном применении	600	I000	I300
при кратковременном применении	800	I300	I600
Марки стандартных термопар	ТХКП-I5М (поверхностная)	ТХАП-I5М ТХА-0525А ТХА-0806	ТПП-0555

Таблица 2

Наименование приборов	Характеристики приборов		
	марка	масса, кг	примечание
Пирометрические милливольтметры	МПП-054 (МПП-I54, МПП-254, МПП-354)	0,5	Показывающий, переносной
	МЩПр-54М	0,5	Показывающий, щитовой
	МСЩПр-0I8 (МСЩПр-0I-I8, МСЩПр-02-I8, МСЩПр-03-I8)	I2,0	Самопишущий, щитовой; переменный ток
Автоматические электронные потенциометры	ЭПП, ЭПД, ПСI, ПСРI, КСПЗ (ПЭД-250)	20-40	Самопишущие, многоточечные, имеют большие габариты
	ПП63, КП-59		Переносные контрольные приборы лабораторного типа

Примечание. В отличие от милливольтметров, потенциометры не требуют применения специальных компенсирующих устройств.

Пятно, нагреваемое на пластинке, должно быть расположено точно над местом закрепления термопары. Для этой цели на пластине следует предварительно обозначить место нагрева пятна.

После нагрева пятна до температуры, зарегистрированной прибором, правильщик должен запомнить цвет каления металла под пламенем горелки и прекратить нагрев. Затем, не глядя на прибор, правильщик должен повторно нагреть пластинку до температуры, определяемой по калению металла, и затем проверить результат по прибору. При несовпадении результатов нагрева следует повторить до приобретения устойчивого навыка.

Листоправильные машины

Технические характеристики	Англия		Япония	
	"Бенни" 26х х3100	HRL9G 25х х2438	Фудзи Шаре 40х х3200	UBRK 25х х3200
Максимальная ширина листа, мм	3100	2438	3200	3200
Максимальная толщина листа, мм	26	25,4	8÷40	25
Временное сопротивление разрыву листа, МПа	400	380	-	500
Предел текучести листа, МПа	250	220	400	350
Скорость правки, м/мин.	6,0-12,0	9,14	6÷20	12
Число правильных валков, шт.	7	7	11	7
Общее число опорных роликов, шт.	-	5	22	18
Диаметр наружных направляющих валков, мм	360	335,6	450	320
Диаметр правильных валков, мм	400	264,2	400	270
Диаметр опорных роликов, мм	-	264,2	400	268
Шаг правильных валков, мм	440	267	440	280
Шаг крайних правильных валков (между направляющим и правильным), мм	440	325	440	320
Величина подъема и опускания рабочих валков от нейтральной линии, мм - вверх	+140	-	+200	-
- вниз	- 40	- 30	- 30	- 30
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	55	100	300	63
Предел текучести материала правильных валков, МПа	-	264	-	500
Расстояние между осями правильных валков (пролет валков), мм - ширина	3475	3000	-	4040
Габариты, мм: ширина	-	-	-	2700
длина	-	-	-	8923
высота (общая)	-	-	-	3705
высота над полом	-	-	-	2635
Общая масса машины, кг	-	-	-	66580

с параллельными рядами валков

ГДР		ЧССР		СССР					
UBRK 32х х3200	UBRK 40х х3200	UBRK 50х х4500	XZM 40х х3000	СКМЗ 32х х2500	СКМЗ 25х х2500	СКМЗ 30х х3450	СКМЗ 35х х2650	СКМЗ 50х х3500	СКМЗ 50х х4500
3200	3200	4500	3000	2500	2500	3450	2650	3500	4500
32	40	50	40	32	25	30	35	50	50
500	500	500	450	400	–	800	800	800	500
350	350	350	280	240	300	500	500	500	350
I2	9,0	3,6-I2,24	6-I0	8,3	8,25	I2	–	5-9	4-I2
7	7	9	7	7	7	7	9	9	7
I8	I8	40	I0	6	6	I0	I4	I4	I0
345	380	–	380	320	320	550	–	640	950
290	340	400	320	320	320	500	360	600	800
288	334	480	320	270	270.320	500	360	–	–
300	350	500	345	380	360	5I0	370	750	II00
320	405	–	–	380	–	530	–	825	I250
–	–	–	–	–	–	+I30	+I30	+I30	+200
-30	-30	-30	-40	-25	-40	- 30	- 30	- 40	-I20
II0	I00	200	2I0	I00	I00	–	–	–	–
500	500	–	–	–	–	–	–	–	–
4200	4850	–	3595	2980	–	–	–	4560	6400
3200	3200	7500	5400	–	4I90	60I5	4905	I6695	24560
9800	I0800	I2330	II000	–	II000	I4380	II828	I6695	37670
4215	5340	7570	–	–	5560	7650	6368	(с рольгангом) I0245	37670
2930	3520	4620	5200	–	–	–	–	7615	9873
88765	I3I823	470000	I80000	–	II8026	424400	2II500	I270000 (с рольгангом)	–

Зависимость радиуса изгиба (ρ) от

Радиус кривизны листа R, мм	Радиус изгиба (ρ) при									
	4	6	8	I0	I2	I4	I6	I8	20	22
I00	92	94	96	97	97	97	97	97	97	97
500	362	397	4I8	43I	44I	448	454	457	460	462
I000	573	668	727	766	796	8I9	836	852	862	873
I500	7I9	864	964	I034	I089	II32	II66	II94	I2I9	I238
2000	823	I0I5	II52	I255	I335	I399	I452	I495	I534	I564
2500	905	II36	I308	I439	I545	I632	I703	I764	I8I4	I859
3000	969	I234	I435	I598	I727	I836	I925	2003	2068	2I28
3500	I023	I3I8	I550	I734	I887	20I6	2I25	22I8	2299	2370
4000	I068	I39I	I646	I856	2030	2I76	2302	24I3	2509	2673
4500	II08	I454	I733	I963	2I56	2322	2466	259I	2703	280I
5000	II28	I509	I808	2057	227I	2455	2665	2754	2880	299I
5500	II72	I558	I748	2I45	2375	2575	2749	2903	3044	3I66
6000	I200	I602	I938	2223	247I	2684	2875	3044	3I96	3332
6500	I224	I644	I994	2296	2556	2786	2990	3I73	3337	3485
7000	I246	I680	2045	2363	2639	2882	3098	3293	3469	3630
7500	I265	I7I4	2094	2423	27I3	2969	3200	3407	3594	3766
8000	I283	I743	2I37	2479	2780	305I	3294	35I2	37I0	3892
8500	I300	I773	2I78	253I	2848	3I28	338I	36II	3820	40I2
9000	I3I6	I798	22I5	2582	2907	320I	3465	3705	3925	4I27
9500	I33I	I823	225I	2628	2964	3268	3543	3794	4024	4234
I0000	I344	I846	2283	2671	30I8	333I	36I6	3878	4II7	4338

радиуса исходной кривизны листа (R) для стали с σ_T = 200 МПа, E_1 = 2500 МПа

толщине листа, в мм										
24	25	28	30	32	36	40	50	60	70	80
97	97	98	98	98	98	98	98	98	98	99
465	465	470	472	474	474	476	476	482	483	484
882	885	898	900	905	914	920	933	941	948	951
1254	1272	1282	1293	1304	1323	1336	1362	1381	1394	1404
1593	1606	1637	1656	1672	1701	1747	1770	1800	1823	1841
1898	1917	1967	1990	2014	2036	2092	2158	2203	2237	2263
2178	2202	2264	2300	2331	2389	2435	2525	2589	2637	2672
2435	2462	2541	2587	2627	2699	2761	2875	2958	3020	3069
2670	2705	2800	2854	2903	2993	3066	3209	3313	3390	3451
2889	2928	3039	3104	3163	3268	3356	3529	3654	3749	3822
3090	3137	3262	3338	3406	3526	3630	3832	3980	4095	4183
3279	3332	3472	3557	3634	3773	3890	4124	4295	4427	4532
3455	3513	3670	3764	3851	4006	4139	4402	4600	4750	4871
3620	3684	3855	3959	4056	4226	4374	4669	4891	5063	5201
3774	3843	4032	4143	4248	4435	4599	4927	5174	5365	5519
3921	3994	4197	4318	4432	4636	4814	5173	5444	5658	5830
4011	4136	4353	4485	4607	4826	5018	5409	5708	5943	6131
4351	4272	4503	4642	4773	5008	5216	5639	5962	6218	6426
4482	4569	4644	4792	4932	5182	5403	5858	6207	6485	6712
4609	4694	4780	4935	5083	5350	5585	6070	6445	6746	6989
4727	4817	4907	5074	5227	5510	5759	6273	6676	6996	7260

Зависимость радиуса изгиба (ρ) от

Радиус кривизны листа (R), мм	Радиус изгиба (ρ) в мм, при									
	4	6	8	I0	I2	I4	I6	I8	20	22
I00	89	9I	94	95	95	96	96	96	97	97
500	325	365	390	407	4I9	428	435	44I	446	450
I000	490	585	649	696	73I	759	78I	799	8I4	827
I500	594	734	836	9I3	974	I022	I063	I095	II25	II50
2000	668	845	979	I084	II69	I239	I298	I348	I39I	I429
2500	724	932	I094	I224	I332	I422	I499	I565	I623	I674
3000	768	I002	II88	I34I	I469	I578	I672	I754	I826	I890
3500	804	I060	I267	I440	I587	I7I4	I824	I92I	2007	2084
4000	835	II09	I336	I527	I69I	I833	I959	2070	2I69	2258
4500	86I	II52	I395	I602	I782	I940	2079	2203	23I5	24I6
5000	883	II89	I447	I670	I864	2035	2I88	2325	2448	256I
5500	903	I222	I494	I730	I937	2I2I	2286	2435	2570	2693
6000	92I	I252	I536	I784	2003	2200	2376	2536	2682	28I5
6500	937	I279	I574	I833	2064	227I	2459	2629	2785	2928
7000	95I	I303	I608	I878	2I20	2337	2535	27I5	288I	3033
7500	964	I325	I640	I920	2I7I	2398	2606	2795	2970	3I32
8000	976	I345	I669	I958	22I9	2455	267I	2870	3053	3223
8500	987	I364	I696	I994	2263	2508	2733	2940	3I3I	3309
9000	997	I38I	I72I	2027	2304	2557	2790	3005	3205	339I
9500	I006	I397	I745	2058	2342	2606	2844	3067	3274	3467
I0000	I0I5	I4I2	I767	2087	2379	2647	2895	3I25	3339	3539

радиуса исходной кривизны листа (R) для стали σ_T = 300 МПа, E_1 = 2500 МПа

толщине листа, в мм										
24	25	28	30	32	36	40	50	60	70	80
97	97	97	97	97	97	98	98	98	98	98
453	454	458	460	462	466	468	473	476	478	480
833	844	857	864	871	882	892	909	921	930	936
1171	1181	1207	1222	1235	1258	1277	1313	1337	1356	1370
1462	1477	1517	1541	1562	1598	1629	1687	1729	1759	1783
1719	1738	1795	1827	1857	1909	1952	2036	2096	2142	2177
1947	1974	2045	2087	2125	2183	2250	2362	2443	2505	2554
2153	2185	2272	2324	2371	2455	2526	2667	2771	2851	2913
2339	2376	2479	2540	2596	2696	2783	2954	3081	3180	3258
2508	2551	2669	2739	2804	2921	3022	3224	3375	3493	3588
2663	2711	2844	2923	2997	3130	3245	3478	3655	3793	3904
2806	2859	3006	3094	3177	3325	3455	3719	3921	4080	4208
2938	2996	3156	5253	3344	3508	3652	3947	4174	4354	4501
3060	3123	3296	3402	3501	3680	3838	4164	4416	4617	4782
3175	3241	3428	3541	3648	3842	4014	4369	4647	4870	5053
3281	3352	3551	3672	3787	3995	4180	4565	4848	5112	5314
3381	3456	3667	3796	3917	4139	4338	4752	5080	5346	5566
3475	3554	3776	3912	4041	4277	4488	4931	5283	5570	5809
3564	3642	3879	4023	4158	4407	4671	5102	5479	5787	6044
3648	3734	3977	4127	4269	4531	4767	5265	5666	5996	6271
3727	3817	4070	4227	4375	4649	4897	5422	5847	6197	6491

Зависимость радиуса изгиба (ρ) от

Радиус кривизны листа (R), мм	Радиус изгиба (ρ) в мм, при									
	4	6	8	I0	I2	I4	I6	I8	20	22
I00	87	90	92	94	94	95	95	96	96	96
500	293	338	366	386	400	4II	420	427	433	438
I000	423	5I8	586	636	675	707	732	754	772	787
I500	50I	635	735	8I4	878	93I	975	I0I3	I045	I074
2000	555	7I8	846	950	I036	II09	II7I	I225	I272	I3I4
2500	595	782	933	I058	II64	I254	I333	I403	I464	I5I8
3000	626	833	I003	II46	I269	I377	I47I	I554	I629	I696
3500	652	874	I06I	I220	I359	I48I	I589	I686	I773	I852
4000	673	909	IIIO	I284	I436	I572	I693	I802	I900	I990
4500	69I	940	II53	I339	I504	I65I	I784	I904	20I4	2II4
5000	707	966	II90	I388	I564	I722	I865	I996	2II6	2226
5500	720	989	I223	I43I	I6I7	I786	I939	2079	2208	2327
6000	732	I009	I253	I470	I665	I843	2005	2I55	2292	2420
6500	743	I028	I279	I505	I709	I895	2066	2224	2370	2505
7000	753	I045	I304	I537	I749	I943	2I22	2287	244I	2584
7500	762	I060	I326	I566	I785	I987	2I73	2346	2507	2657
8000	770	I074	I346	I593	I8I9	2027	2220	2400	2568	2725
8500	777	I087	I365	I6I8	I850	2065	2264	245I	2625	2788
9000	784	I098	I382	I64I	I879	2I00	2306	2498	2678	2848
9500	790	II09	I398	I662	I906	2I33	2344	2542	2728	2904
I0000	796	II20	I4I3	I682	I932	2I63	2380	2584	2775	2956

радиуса исходной кривизны листа (R) для стали с σ_T = 400 МПа, E_1 = 2500 МПа

толщине листа, в мм										
24	25	28	30	32	36	40	50	60	70	80
97	97	97	97	97	97	97	98	98	98	98
442	444	449	452	454	458	461	468	472	475	477
801	807	823	832	840	854	866	888	903	914	923
1098	1110	1140	1158	1174	1201	1224	1268	1299	1322	1340
1350	1367	1413	1440	1465	1507	1544	1614	1664	1702	1732
1567	1590	1652	1688	1721	1780	1891	1929	2002	2057	2101
1757	1785	1862	1908	1950	2026	2091	2220	2315	2389	2448
1924	1957	2049	2105	2156	2248	2327	2487	2607	2701	2776
2072	2111	2218	2282	2342	2450	2544	2735	2880	2995	3087
2206	2250	2370	2443	2512	2635	2743	2965	3136	3271	3382
2327	2375	2509	2591	2667	2805	2928	3180	3376	3533	3661
2438	2490	2636	2726	2810	2963	3099	3381	3602	3781	3928
2539	2595	2753	2850	2942	3109	3258	3570	3816	4016	4181
2632	2692	2861	2966	3064	3245	3407	3747	4018	4239	4423
2718	2782	2962	3073	3178	3372	3546	3914	4210	4452	4655
2798	2865	3056	3174	3285	3491	3667	4072	4392	4655	4876
2873	2943	3143	3267	3385	3603	3800	4222	4565	4849	5088
2942	3016	3225	3356	3479	3709	3917	4364	4729	5034	5292
3008	3085	3303	3439	3568	3808	4027	4499	4887	5211	5487
3069	3149	3375	3517	3652	3903	4132	4628	5037	5381	5675
3128	3210	3444	3591	3731	3932	4231	4751	5181	5544	5855

Зависимость радиуса изгиба (ρ) от

Радиус кривизны листа (R), мм	Радиус изгиба (ρ) в мм, при									
	4	6	8	I0	I2	I4	I6	I8	20	22
I00	84	88	9I	92	93	94	95	95	95	96
500	267	3I3	344	366	382	395	405	4I3	420	426
I000	373	465	533	586	627	66I	689	7I2	732	750
I500	435	560	657	735	800	854	90I	940	975	I006
2000	476	625	746	846	93I	I004	I067	II22	II7I	I2I5
2500	507	675	8I5	933	I035	II23	I202	I27I	I333	I389
3000	530	7I4	869	I003	III9	I222	I3I4	I396	I47I	I538
3500	549	746	9I4	I067	II90	I306	I4I0	I504	I589	I667
4000	565	773	952	III0	I25I	I378	I492	I597	I693	I78I
4500	579	795	985	II53	I304	I440	I565	I679	I784	I88I
5000	590	8I5	I0I3	II90	I350	I496	I629	I752	I865	I97I
5500	600	832	I038	I223	I39I	I545	I686	I8I7	I939	2052
6000	609	848	I06I	I253	I428	I589	I738	I877	2005	2I26
6500	6I7	862	I08I	I279	I462	I630	I785	I930	2066	2I93
7000	624	874	I099	I304	I492	I666	I828	I980	2I22	2235
7500	63I	885	III5	I326	I520	I700	I868	2025	2I73	23I2
8000	637	896	II30	I346	I545	I73I	I904	2067	2220	2365
8500	642	905	II44	I365	I569	I759	I938	2I06	2264	24I4
9000	647	9I4	II57	I382	I59I	I786	I969	2I42	2306	2460
9500	652	922	II69	I398	I6II	I8II	I999	2I76	2344	2504
I0000	656	930	II80	I4I3	I630	I834	2026	2208	2380	2544

радиуса исходной кривизны листа (R) для стали с σ_T = 500 МПа, E_1 = 2500 МПа

толщине листа, в мм										
24	25	28	30	32	36	40	50	60	70	80
96	96	96	97	97	97	97	97	98	98	98
431	433	439	442	445	450	454	461	467	470	473
765	772	790	801	810	827	840	866	884	898	908
1033	1045	1079	1098	1116	1147	1174	1224	1260	1288	1309
1254	1272	1321	1350	1377	1424	1465	1544	1601	1646	1681
1440	1464	1529	1567	1603	1667	1721	1831	1912	1975	2026
1600	1629	1709	1757	1801	1881	1950	2091	2107	2280	2347
1739	1773	1867	1924	1977	2072	2156	2327	2459	2563	2648
1862	1900	2007	2072	2133	2244	2342	2544	2701	2826	2929
1971	2014	2133	2206	2275	2400	2512	2743	2926	3073	3194
2069	2116	2247	2327	2403	2542	2667	2928	3135	3303	3443
2158	2208	2350	2438	2520	2673	2810	3099	3330	3520	3678
2239	2292	2444	2539	2628	2793	2942	3258	3513	3724	3901
2312	2370	2531	2632	2727	2904	3064	3407	3585	3917	4112
2381	2441	2612	2718	2819	3007	3178	3546	3847	4099	4312
2444	2507	2686	2798	2905	3104	3285	3677	4000	4272	4503
2502	2568	2755	2873	2985	3194	3385	3800	4145	4436	4684
2557	2625	2820	2942	3059	3278	3479	3917	4282	4592	4858
2607	2678	2881	3008	3130	3358	3568	4027	4412	4740	5023
2655	2728	2938	3069	3196	3433	3652	4132	4536	4882	5182
2700	2775	2991	3128	3238	3504	3731	4231	4655	5018	5334

Зависимость радиуса изгиба (ρ) от

Радиус кривизны листа (R), мм	Радиус изгиба (ρ) в мм, при									
	4	6	8	I0	I2	I4	I6	I8	20	22
I00	84	87	89	9I	92	93	94	94	95	95
500	245	293	325	348	366	380	39I	400	408	4I5
I000	334	423	490	523	586	62I	650	675	697	7I6
I500	384	50I	595	67I	735	790	837	878	9I4	947
2000	4I8	555	668	764	846	9I8	98I	I036	I086	II6I
2500	442	595	724	836	933	I0I9	I095	II64	I226	I282
3000	46I	626	769	893	I003	II0I	II89	I269	I342	I409
3500	476	652	805	940	I06I	II70	I269	I359	I442	I5I8
4000	488	678	835	980	III0	I229	I337	I436	I528	I6I3
4500	499	69I	86I	I0I4	II53	I280	I396	I504	I604	I697
5000	508	707	884	I044	II90	I324	I449	I564	I67I	I77I
5500	5I6	720	904	I070	I223	I364	I495	I6I7	I73I	I838
6000	523	732	92I	I094	I253	I400	I537	I665	I785	I899
6500	529	743	937	III5	I279	I432	I575	I709	I835	I954
7000	534	753	95I	II34	I304	I462	I6I0	I749	I880	2004
7500	540	762	964	II62	I326	I488	I64I	I785	I92I	2050
8000	544	770	976	II68	I346	I5I3	I670	I8I9	I960	2093
8500	548	777	987	II82	I365	I536	I697	I850	I995	2I33
9000	552	784	997	II96	I382	I557	I722	I879	2028	2I70
9500	556	790	I007	I209	I398	I577	I746	I908	2059	2205
I0000	559	796	I0I6	I220	I4I3	I595	I768	I932	2088	2237

радиуса исходной кривизны листа (R) для стали с $G_т$ = 600 МПа, E_1 = 2500 МПа

толщине листа, в мм										
24	25	28	30	32	36	40	50	60	70	80
95	96	96	96	96	97	97	97	97	98	98
420	423	429	433	436	442	477	455	461	466	469
732	740	760	772	782	801	816	845	866	882	894
975	988	1024	1045	1065	1098	1127	1183	1224	1255	1280
1171	1190	1241	1272	1300	1350	1394	1480	1544	1593	1632
1333	1357	1424	1464	1501	1567	1625	1742	1831	1900	1956
1471	1500	1580	1629	1674	1767	1829	1977	2091	2181	2254
1589	1623	1716	1773	1826	1924	2010	2188	2327	2439	2531
1693	1730	1835	1900	1961	2072	2172	2380	2544	2677	2788
1784	1825	1942	2014	2081	2206	2318	2550	2743	2898	3027
1865	1910	2037	2116	2190	2327	2451	2715	2928	3103	3251
1939	1987	2123	2208	2289	2438	2573	2863	3099	3295	3461
2005	2056	2202	2292	2379	2539	2685	2999	3258	3474	3658
2066	2120	2273	2370	2461	2632	2788	3127	3407	3642	3844
2122	2178	2340	2441	2537	2718	2884	3245	3546	3801	4020
2173	2232	2401	2507	2608	2798	2973	3356	3677	3950	4186
2220	2282	2457	2568	2674	2873	3056	3460	3800	4092	4344
2264	2328	2510	2625	2735	2942	3135	3558	3917	4226	4494
2306	2371	2559	2678	2792	3008	3208	3651	4027	4353	4637
2344	2412	2605	2728	2846	3069	3277	3738	4132	4474	4773
2380	2450	2649	2775	2897	3128	3342	3821	4231	4689	4903

Зависимость радиуса изгиба (ρ) от

Радиус кривизны листа (R), мм	Радиус изгиба (ρ) в мм, при									
	4	6	8	I0	I2	I4	I6	I8	20	22
I00	79	85	88	90	9I	92	93	94	94	95
500	227	275	308	332	35I	366	368	388	397	404
I000	303	338	454	507	550	586	6I6	642	665	685
I500	345	455	544	6I8	68I	785	783	894	86I	894
2000	372	500	606	697	777	846	908	963	I0I3	I058
2500	392	533	653	758	850	903	I007	I074	II35	II9I
3000	408	559	690	806	909	I003	I087	II65	I236	I302
3500	420	580	720	845	958	I06I	II55	I24I	I32I	I395
4000	430	597	745	878	999	III0	I2I2	I307	I395	I477
4500	439	6I2	706	906	I035	II53	I262	I364	I459	I548
5000	446	624	785	93I	I066	II90	I306	I4I4	I5I5	I6II
5500	452	635	80I	953	I093	I223	I345	I459	I566	I667
6000	458	645	8I5	972	III7	I253	I380	I499	I6II	I7I8
6500	463	654	828	989	II39	I279	I4II	I535	I653	I764
7000	468	662	840	I005	II59	I304	I440	I568	I690	I806
7500	472	669	85I	I0I9	II77	I326	I466	I598	I725	I845
8000	475	676	860	I032	II94	I346	I490	I626	I756	I880
8500	479	682	869	I044	I209	I365	I5I2	I652	I786	I9I3
9000	482	687	877	I056	I223	I382	I533	I676	I8I3	I944
9500	485	692	885	I066	I236	I398	I552	I698	I838	I973
I0000	488	697	892	I075	I249	I4I3	I570	I7I9	I862	I999

радиуса исходной кривизны листа (R) для стали с σ_T = 700 МПа, E_1 = 2500 МПа

толщине листа, в мм										
24	25	28	30	32	36	40	50	60	70	80
95	95	95	96	96	96	96	97	97	97	98
410	413	420	424	428	435	440	450	456	461	465
703	711	732	745	756	776	793	826	849	866	880
924	988	975	997	1018	1054	1085	1145	1190	1224	1251
1099	1118	1171	1203	1232	1284	1313	1421	1490	1544	1587
1242	1266	1333	1374	1412	1480	1540	1662	1756	1831	1891
1362	1391	1471	1520	1566	1649	1723	1876	1995	2091	2169
1464	1497	1589	1646	1699	1796	1883	2066	2210	2327	2424
1553	1590	1693	1756	1860	1927	2026	2237	2406	2544	2660
1631	1671	1784	1854	1920	2043	2154	2392	2584	2743	2878
1700	1743	1865	1942	2014	2148	2270	2533	2748	2928	3080
1762	1808	1939	2020	2098	2243	2376	2662	2899	3099	3269
1818	1867	2005	2092	2175	2330	2472	2782	3039	3258	3445
1869	1920	2066	2158	2245	2409	2561	2892	3170	3407	3611
1916	1969	2122	2218	2310	2483	2643	2994	3291	3546	3767
1959	2014	2173	2273	2369	2551	2719	3090	3405	3677	3914
1999	2056	2220	2325	2425	2614	2789	3179	3512	3800	4053
2035	2094	2264	2372	2476	2673	2856	3263	3613	3917	4184
2069	2130	2306	2417	2524	2728	2918	3342	3708	4027	4309
2101	2164	2344	2459	2569	2779	2976	3416	3798	4132	4428
2131	2195	2380	2498	2612	2828	3031	3487	3883	4231	4541

Зависимость радиуса изгиба (ρ) от

Радиус кривизны листа (R), мм	Радиус изгиба (ρ) в мм, при									
	4	6	8	I0	I2	I4	I6	I8	20	22
I00	77	83	87	89	90	9I	92	93	94	94
500	2I2	259	293	3I8	338	353	366	377	386	394
I000	278	359	423	475	5I8	554	586	6I2	636	657
I500	3I3	4I6	50I	573	635	688	735	777	8I4	848
2000	336	455	555	642	7I8	786	846	90I	950	995
2500	353	483	595	694	782	86I	933	998	I058	III3
3000	366	505	624	735	833	92I	I003	I077	II46	I2I0
3500	376	522	652	768	874	97I	I06I	II44	I220	I292
4000	385	537	673	796	909	I0I4	III0	I200	I284	I363
4500	392	549	69I	820	940	I050	II53	I249	I339	I424
5000	398	560	707	84I	966	I082	II90	I292	I388	I478
5500	403	569	720	859	989	III0	I223	I330	I43I	I526
6000	408	577	732	876	I009	II35	I253	I364	I470	I570
6500	4I2	585	743	890	I028	II57	I279	I395	I505	I609
7000	4I6	59I	753	903	I045	II78	I304	I423	I537	I645
7500	4I9	597	762	9I5	I060	II96	I326	I449	I566	I678
8000	422	603	770	926	I074	I2I3	I346	I472	I593	I708
8500	425	608	777	936	I087	I229	I365	I494	I6I8	I736
9000	428	6I2	784	946	I098	I244	I382	I5I4	I64I	I762
9500	430	6I6	790	954	II09	I257	I398	I533	I662	I787
I0000	433	620	796	962	II20	I270	I4I3	I550	I682	I809

радиуса исходной кривизны листа (R) для стали с σ_T = 800 МПа, E_1 = 2500 МПа

толщине листа, в мм										
24	25	28	30	32	36	40	50	60	70	80
94	95	95	95	95	96	96	97	97	97	97
400	404	411	416	420	427	433	444	452	457	461
675	684	707	720	732	754	772	807	832	851	866
878	892	931	954	975	1013	1045	1110	1159	1195	1224
1036	1056	1109	1141	1171	1225	1272	1367	1440	1497	1744
1164	1188	1254	1295	1333	1403	1464	1590	1688	1767	1831
1269	1298	1377	1425	1471	1554	1629	1785	1908	2008	2091
1359	1391	1481	1537	1589	1686	1773	1957	2105	2226	2327
1436	1472	1572	1634	1693	1802	1900	2111	2282	2424	2544
1504	1542	1651	1719	1784	1904	2014	2250	2443	2606	2743
1564	1605	1722	1795	1865	1996	2116	2375	2591	2772	2928
1617	1661	1786	1864	1939	2079	2208	2490	2726	2926	3099
1665	1711	1843	1926	2005	2155	2292	2595	2850	3069	3258
1709	1757	1895	1982	2066	2224	2370	2692	2966	3201	3407
1749	1799	1943	2034	2122	2287	2441	2782	3073	3326	3546
1785	1837	1887	2082	2173	2346	2507	2865	3174	3442	3677
1819	1873	2027	2126	2220	2400	2568	2943	3267	3551	3800
1850	1905	2065	2166	2264	2451	2625	3016	3356	3653	3917
1879	1936	2100	2205	2306	2498	2678	3085	3439	3750	4027
1906	1964	2133	2240	2344	2542	2728	3149	3517	3842	4132
1932	1991	2163	2274	2380	2584	2775	3210	3591	3929	4231

Зависимость радиуса изгиба (ρ) от

Радиус кривизны листа (R), мм	Радиус изгиба (ρ) в мм, при									
	4	6	8	I0	I2	I4	I6	I8	20	22
I00	75	82	85	88	89	9I	92	92	93	93
500	I98	245	279	305	325	34I	355	366	376	384
I000	256	334	390	447	490	527	558	586	6I0	63I
I500	287	384	465	535	595	647	694	735	773	807
2000	307	4I8	5I2	595	668	734	793	846	895	940
2500	32I	442	547	640	724	800	869	933	99I	I045
3000	332	46I	574	676	769	853	93I	I003	I069	II3I
3500	34I	476	596	705	805	897	982	I06I	II35	I204
4000	348	488	6I4	729	835	933	I025	III0	II90	I266
4500	354	499	630	750	86I	965	I065	II53	I239	I320
5000	360	508	643	768	884	992	I094	II90	I28I	I367
5500	364	5I6	655	783	904	I0I6	II23	I223	I3I8	I409
6000	368	523	665	797	92I	I038	II48	I253	I352	I447
6500	372	529	674	8I0	937	I057	II7I	I279	I382	I48I
7000	375	534	682	82I	95I	I075	II92	I304	I4I0	I5I2
7500	378	540	690	83I	964	I09I	I2II	I326	I435	I540
8000	380	544	697	840	976	II05	I228	I346	I458	I567
8500	383	548	703	849	987	III9	I244	I365	I480	I59I
9000	385	552	709	857	997	II3I	I259	I382	I500	I6I3
9500	387	556	7I4	864	I007	II43	I275	I398	I5I8	I634
I0000	389	559	7I9	87I	I0I6	II54	I286	I4I3	I535	I654

радиуса исходной кривизны листа (R) для стали с σ_T = 900 МПа, E_1 = 2500 МПа

толщине листа, в мм										
24	25	28	30	32	36	40	50	60	70	80
94	94	95	95	95	95	96	96	97	97	97
391	394	403	408	412	420	426	438	447	453	458
650	659	689	697	710	732	751	789	816	837	853
837	852	891	914	936	975	1009	1077	1127	1167	1198
981	1000	1053	1086	1116	1171	1219	1318	1394	1454	1503
1095	1119	1185	1226	1264	1333	1395	1524	1625	1707	1774
1189	1217	1294	1342	1388	1471	1546	1703	1829	1932	2018
1269	1300	1387	1442	1494	1589	1676	1860	2010	2134	2238
1337	1371	1468	1528	1586	1693	1790	2000	2172	2316	2939
1396	1433	1538	1604	1667	1784	1891	2125	2318	2482	2622
1449	1488	1600	1671	1739	1865	1982	2237	2451	2634	2791
1495	1537	1656	1731	1803	1939	2064	2340	2573	2773	2947
1537	1581	1706	1785	1862	2005	2139	2434	2685	2902	3091
1575	1621	1752	1835	1915	2066	2207	2520	2788	3021	3226
1610	1657	1793	1880	1963	2122	2269	2599	2884	3132	3351
1641	1690	1831	1921	2008	2173	2327	2673	7973	3236	3469
1670	1721	1867	1960	2049	2220	2381	2742	3056	3334	3580
1697	1749	1899	1995	2088	2264	2431	2806	3135	3425	3684
1722	1776	1930	2028	2124	2308	2477	2866	3208	3511	3783
1746	1800	1958	2059	2157	2344	2521	2923	3277	3592	3876
1768	1823	1985	2088	2188	2380	2562	2976	3342	3669	3964

Зависимость радиуса изгиба (ρ) от

Радиус кривизны листа (R), мм	Радиус изгиба (ρ) в мм, при									
	4	6	8	I0	I2	I4	I6	I8	20	22
I00	73	80	84	87	88	90	9I	92	92	93
500	I87	233	267	293	3I3	330	344	356	366	375
I000	238	3I3	373	423	466	502	533	56I	586	607
I500	265	357	435	50I	560	6II	657	698	735	769
2000	283	386	476	555	625	689	746	798	846	890
2500	295	408	507	595	645	748	8I5	876	933	985
3000	305	424	530	626	7I4	795	869	938	I003	I063
3500	3I2	437	549	652	746	833	9I4	990	I06I	II27
4000	3I8	448	565	673	773	865	952	I034	III0	II83
4500	324	457	579	69I	795	893	985	I07I	II53	I230
5000	328	465	590	707	8I5	9I7	I0I3	II04	II90	I272
5500	332	472	600	720	832	938	I038	II33	I223	I309
6000	336	478	609	732	848	957	I06I	II59	I253	I342
6500	339	483	6I7	743	862	974	I08I	II82	I279	I372
7000	34I	488	624	753	874	989	I099	I203	I304	I400
7500	344	492	63I	762	885	I003	III5	I223	I326	I425
8000	346	496	637	770	896	I0I6	II30	I240	I346	I447
8500	348	500	642	777	905	I027	II44	I257	I365	I469
9000	350	503	647	784	9I4	I038	II57	I272	I382	I488
9500	352	506	652	780	922	I048	II69	I286	I398	I506
I0000	353	509	656	706	930	I058	II80	I299	I4I3	I523

радиуса исходной кривизны листа (R) для стали с σ_T = 1000 МПа, E_1 = 2500 МПа

толщине листа, в мм										
24	25	28	30	32	36	40	50	60	70	80
93	94	94	94	95	95	95	96	97	97	97
382	386	395	400	405	413	420	433	442	449	454
627	636	661	675	689	712	732	772	801	823	840
800	814	854	878	901	940	975	1045	1098	1140	1174
931	950	1004	1036	1067	1122	1171	1272	1350	1413	1465
1035	1058	1123	1164	1202	1271	1333	1464	1567	1652	1721
1119	1146	1222	1269	1314	1396	1471	1629	1757	1862	1950
1190	1220	1306	1359	1410	1504	1589	1773	1924	2049	2156
1251	1284	1378	1436	1492	1597	1693	1900	2072	2218	2342
1304	1339	1440	1504	1565	1679	1784	2014	2206	2370	2512
1350	1388	1496	1564	1629	1752	1865	2116	2327	2509	2667
1391	1431	1545	1617	1686	1817	1939	2208	2438	2636	2810
1428	1470	1589	1665	1738	1877	2005	2292	2539	2753	2942
1462	1505	1630	1709	1755	1930	2066	2370	2632	2861	3064
1492	1537	1666	1749	1828	1980	2122	2441	2718	2962	3178
1520	1566	1700	1785	1868	2025	2173	2507	2798	3056	3285
1545	1593	1731	1819	1904	2067	2220	2568	2873	3143	3385
1569	1618	1759	1850	1938	2106	2264	2625	2942	3225	3479
1591	1641	1786	1879	1969	2142	2306	2678	3008	3303	3568
1611	1662	1811	1906	1999	2178	2344	2728	3069	3375	3652
1630	1682	1834	1932	2026	2208	2380	2775	3128	3444	3731

Зависимость радиуса изгиба (ρ) от

Радиус кривизны листа R, мм	Радиус изгиба (ρ) в мм, при									
	4	6	8	I0	I2	I4	I6	I8	20	22
I00	70	77	82	85	87	88	89	90	9I	92
500	I67	2I2	245	27I	293	3I0	325	338	348	358
I000	209	278	334	382	423	459	490	5I8	543	565
I500	230	3I3	384	446	50I	550	595	635	67I	705
2000	244	336	4I8	490	555	6I4	668	7I8	764	807
2500	254	353	442	522	595	662	724	782	836	886
3000	26I	366	46I	547	626	700	769	833	893	949
3500	267	376	476	567	652	73I	805	874	940	I002
4000	272	385	488	584	673	757	835	909	980	I047
4500	276	392	499	598	69I	778	86I	940	I0I4	I085
5000	280	398	508	6I0	707	797	884	966	I044	III9
5500	283	403	5I6	62I	720	8I4	904	989	I070	II48
6000	285	408	523	630	732	829	92I	I009	I094	II75
6500	288	4I2	529	639	743	842	937	I028	III5	II99
7000	290	4I6	534	646	753	854	95I	I045	II34	I220
7500	292	4I9	540	653	762	865	964	I060	II52	I240
8000	293	422	544	660	770	875	976	I074	II68	I258
8500	295	425	548	665	777	884	987	I087	II82	I275
9000	296	428	552	67I	784	893	997	I098	II96	I290
9500	298	430	556	676	790	90I	I007	III09	I209	I305
I0000	299	433	559	680	796	908	I0I6	II20	I220	I3I8

радиуса исходной кривизны листа (R) для стали с σ_T = 1200 МПа, E_1 = 2500 МПа

толщине листа, в мм										
24	25	28	30	32	36	40	50	60	70	80
92	93	93	94	94	94	95	96	96	96	97
366	370	380	386	391	400	408	423	433	441	447
586	595	621	636	650	675	697	740	772	796	816
735	750	790	814	837	878	914	988	1045	1090	1127
846	865	918	950	981	1036	1086	1190	1272	1339	1394
933	955	1019	1058	1095	1164	1226	1357	1464	1552	1625
1003	1028	1101	1146	1189	1269	1342	1500	1629	1737	1829
1061	1089	1170	1220	1269	1359	1442	1623	1773	1900	2010
1110	1141	1229	1284	1337	1436	1528	1730	1900	2046	2172
1153	1186	1280	1339	1396	1504	1604	1825	2014	2176	2318
1190	1225	1324	1388	1449	1564	1671	1910	2116	2294	2451
1223	1260	1364	1431	1495	1617	1731	1987	2208	2402	2573
1253	1291	1400	1470	1537	1665	1785	2056	2292	2500	2685
1279	1319	1432	1505	1575	1709	1835	2120	2370	2591	2788
1304	1344	1462	1537	1610	1749	1880	2178	2441	2674	2884
1326	1367	1488	1566	1641	1785	1921	2232	2507	2752	2973
1346	1389	1513	1593	1670	1819	1960	2282	2568	2824	3056
1365	1408	1536	1618	1697	1850	1995	2328	2625	2892	3135
1382	1427	1557	1641	1722	1879	2028	2371	2678	2953	3208
1398	1444	1577	1662	1746	1906	2059	2412	2728	3015	3277
1413	1459	1595	1682	1768	1932	2088	2450	2775	3071	3342

Зависимость радиуса изгиба (ρ) от

Радиус кривизны листа (R), мм	Радиус изгиба (ρ) в мм, при									
	4	6	8	I0	I2	I4	I6	I8	20	22
I00	7I	79	83	86	87	89	90	9I	92	92
500	I76	222	255	282	303	320	334	347	357	366
I000	222	294	352	40I	443	479	5II	539	563	586
I500	246	334	408	472	529	579	624	665	702	735
2000	262	360	445	520	588	649	705	756	803	846
2500	273	378	472	556	632	702	767	826	88I	933
3000	28I	393	493	584	667	744	8I6	882	944	I003
3500	288	404	5I0	606	696	778	856	928	996	I06I
4000	293	4I4	524	625	7I9	807	890	967	I04I	IIIO
4500	298	422	536	64I	739	832	9I9	I00I	I079	II53
5000	302	429	546	655	757	853	944	I030	III2	II90
5500	305	435	555	667	772	872	966	I056	II4I	I223
6000	308	440	563	677	786	888	986	I079	II68	I253
6500	3II	443	570	687	798	903	I003	I099	II9I	I279
7000	3I3	449	576	695	809	9I7	I020	IIIB	I2I3	I304
7500	3I6	453	582	703	8I9	929	I034	II35	I232	I326
8000	3I7	456	587	7I0	828	940	I048	II5I	I250	I346
8500	3I9	460	592	7I7	836	950	I060	II65	I267	I365
9000	32I	462	596	723	844	960	I07I	II78	I282	I382
9500	322	465	600	728	85I	969	I082	II9I	I296	I398
I0000	324	468	604	733	858	977	I092	I202	I309	I4I3

радиуса исходной кривизны листа (R) для стали
с σ_T = 1100 МПа, E_1 = 2500 МПа

толщине листа, в мм										
24	25	28	30	32	36	40	50	60	70	80
93	93	94	94	94	95	95	96	96	97	97
374	378	387	393	398	407	414	428	438	445	450
605	615	640	655	669	693	714	755	786	809	828
766	781	821	845	868	908	944	1016	1071	1115	1150
886	905	959	991	1022	1077	1127	1229	1310	1375	1428
981	1004	1068	1108	1146	1215	1277	1408	1514	1600	1672
1058	1084	1158	1204	1248	1330	1403	1561	1690	1797	1888
1122	1151	1234	1286	1335	1427	1512	1694	1845	1972	2080
1176	1208	1299	1356	1410	1512	1606	1811	1982	2128	2254
1223	1257	1355	1416	1475	1586	1689	1914	2105	2269	2411
1265	1301	1405	1470	1533	1652	1763	2007	2216	2396	2554
1302	1339	1449	1518	1585	1711	1829	2091	2317	2513	2686
1334	1374	1488	1561	1631	1764	1889	2168	2409	2620	2807
1364	1405	1524	1600	1673	1812	1943	2237	2493	2719	2919
1391	1434	1557	1635	1712	1857	1993	2301	2571	2810	3023
1416	1460	1587	1668	1747	1897	2039	2361	2644	2895	3121
1438	1483	1614	1698	1772	1935	2081	2416	2711	2975	3212
1459	1505	1640	1726	1809	1969	2121	2467	2774	3049	3297
1479	1526	1663	1751	1837	2002	2158	2515	2833	3119	3378
1497	1545	1685	1775	1863	2032	2192	2560	2888	3184	3453
1514	1563	1706	1698	1888	2060	2224	2602	2940	3246	3525

Предельные значения ширины и толщины листов, выправляемых различными машинами

Толщина листа, мм	$\sigma_т$ в МПа (E_1 = 2500 МПа)										
	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
	Допустимая ширина листа, мм										
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
	Машина "Фудзе Шарё" 40х3200										
I0-25	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200
28	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	2360	440
30	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	2580	I980	400	360
32	3200	3200	3200	3200	3200	3200	2290	420	370	330	300
36	3200	3200	3200	3200	2I50	400	340	300	270	250	230
40	3200	3200	3200	4I0	340	290	360	230	2I0	I90	I80
46	3200	430	340	280	240	2I0	I90	I70	I50	I40	I30
50	I990	320	270	230	200	I70	I50	I40	I30	I20	II0
	Машина XRM 40х3000										
I0-24			3000	3000	3000		3000	3000	3000	3000	3000
25	3000	3000	3000	3000	3000		3000	3000	3000	3000	2I80
28	3000	3000	3000	3000	3000		3000	2220	4I0	360	330
30	3000	3000	3000	3000	3000		I960	380	330	300	270
32	3000	3000	3000	3000	2480	420	360	3I0	280	250	230
36	3000	3000	3000	I8I0	340	290	260	230	2I0	I90	I80
40	3000	2290	360	300	250	220	200	I80	I60	I50	I40
46	400	300	240	2I0	I80	I60	I40	I30	I20	II0	I00
50	300	245	200	I70	I50	I30	I20	II0	I00	-	-
60	I85	I50	I30	I00	I00	-	-	-	-	-	-
	Машина НКМЗ 32х2500										
			40	50	60	70	80	90	I00	II0	I20
I0-I8	200	300	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
20	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	I4I0	I4I0	I2I0	I070
22	2500	2500	2500	2500	2500	2500	I390	II70	I0I0	880	770
24	2500	2500	2500	2500	2500	I230	I030	870	750	670	6I0
25	2500	2500	2500	2500	I330	I070	880	760	670	600	540

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
28	2500	2500	I470	I090	870	730	620	550	490	440	4I0
30	2500	2500	II40	850	690	600	520	460	4I0	370	340
32	2500	II90	920	690	500	500	440	390	350	320	290
36	II70	760	6I0	500	420	360	320	290	260	240	220
40	750	560	450	380	320	280	250	230	2I0	I90	I80
46	480	380	300	260	230	200	I80	I70	I50	I40	I30
50	380	3I0	240	2I0	I90	I70	I50	I40	I30	I20	II0
60	230	I90	I60	I40	I20	II0	I00	-	-	-	-

Машина НКМ3 25х2500

8-I4	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
I6	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	I430	I220	I070
I8	2500	2500	2500	2500	2500	2500	I320	III0	950	820	730
20	2500	2500	2500	2500	I370	III0	950	820	680	6I0	550
22	2500	2500	2500	I240	990	790	680	6I0	530	470	430
24	2500	2500	II90	900	330	6I0	530	470	420	380	350
25	2500	2500	I040	780	650	550	420	380	380	340	320
28	I470	960	700	560	470	4I0	380	340	290	260	240
30	II30	730	580	460	390	340	290	260	240	220	2I0
32	900	600	490	390	330	290	240	220	2I0	200	I80
36	590	425	350	290	250	220	200	I80	I60	I50	I40
40	420	320	260	230	200	I70	I60	I40	I30	I20	II0
46	280	230	I85	I65	I40	I25	II0	I00	I00	-	-
50	220	I90	I50	I30	I20	II0	-	-	-	-	-
60	I45	I20	I00	-	-	-	-	-	-	-	-

Машина *HRLSG* 25х2438

6-I2	2438	2438	2438	2438	2438	2438	2438	2438	2438	2438	2438
I4	2438	2438	2438	2438	2438	2438	2438	2438	2438	2438	I430
I6	2438	2438	2438	2438	2438	2438	2438	I390	II90	I030	9I0
I8	2438	2438	2438	2438	2438	I3I0	I090	920	790	700	630
20	2438	2438	2438	I4I0	II30	9I0	750	660	580	520	480
22	2438	2438	I330	I000	800	670	570	5I0	450	4I0	380
24	2438	I330	980	730	6I0	530	460	400	360	330	300
25	2438	II30	840	650	540	470	4I0	360	330	300	280

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
28	II55	730	660	470	400	350	3I0	280	250	230	2I0
30	855	590	480	400	380	290	260	240	2I0	200	I80
32	665	490	400	340	280	250	220	2I0	I90	I70	I60
36	455	355	290	250	220	I90	-	-	-	-	-
40	335	270	220	-	-	-	-	-	-	-	-

Машина "Бенни" 25x3I00

I0-I2	3I00	3I00	3I00	3I00	3I00	3I00	3I00	3I00	3I00	3I00	3I00
I4	3I00	3I00	3I00	3I00	3I00	3I00	3I00	3I00	3I00	3I00	2850
I6	3I00	3I00	3I00	3I00	3I00	3I00	3I00	2620	2240	I930	I7I0
I8	3I00	3I00	3I00	3I00	3I00	2620	2060	I730	I500	I330	I230
20	3I00	3I00	3I00	3I00	2270	I790	I500	I290	II40	I020	920
22	3I00	3I00	3I00	2I60	I660	I370	II60	I020	900	8I0	740
24	3I00	3I00	2230	I630	I300	I090	940	820	740	660	6I0
25	3I00	3I00	I930	I450	II70	990	850	750	670	6I0	550
28	3I00	I950	I380	I070	880	750	650	580	520	470	430
30	2380	I480	II40	900	750	640	560	500	450	400	370
32	I9I0	I300	970	770	640	550	480	430	390	350	320
36	I360	950	720	580	490	420	370	330	300	270	250
40	I020	730	560	460	390	330	300	260	240	220	200
46	770	570	450	360	320	280	240	2I0	I90	I70	I50
50	570	420	330	280	240	2I0	-	-	-	-	-

Машина UBR_K 25x3200

6-I4	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200
I6	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	-
I8	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	-	-	-
20	3200	3200	3200	3200	3200	3200	-	-	-	-	-
22	3200	3200	3200	-	-	-	-	-	-	-	-
24	3200	3200	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	3200	3200	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	3200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Машина UBR_K 32x3200

6-20	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
22	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	-	-
24	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	-	-	-	-
25	3200	3200	3200	3200	3200	3200	-	-	-	-	-
28	3200	3200	3200	3200	-	-	-	-	-	-	-
30	3200	3200	3200	-	-	-	-	-	-	-	-
32	3200	3200	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Машина НКМЗ 30х3450

I2-20	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450
22	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	2620	2090
24	3450	3450	3450	3450	3450	3450	3450	2700	480	420	370
25	3450	3450	3450	3450	3450	3450	2930	2I30	420	370	330
28	3450	3450	3450	3450	30I0	480	400	350	3I0	280	260
30	3450	3450	3450	3450	465	385	330	295	270	240	220
32	3450	3450	2070	380	320	280	250	230	230	2I0	I90
36	3450	3290	4I0	330	280	240	2I0	I90	I75	I60	I48
40	3I50	4I0	3I0	250	220	I90	I70	I50	I40	I25	I20
46	370	270	220	I80	I60	I40	I20	II0	I00	-	-
50	300	220	I80	I50	I30	II5	I00	-	-	-	-
60	I80	I40	I20	I00	-	-	-	-	-	-	-

Машина НКМЗ 50х4500

32	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
36	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	3920	3020
40	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	3540	2720	550	490
46	4500	4500	4500	4500	4500	2880	550	470	420	380	350
50	4500	4500	4500	4500	600	500	430	380	350	320	290
60	4500	4I40	540	430	370	320	280	250	230	2I0	I90

Машина НКМЗ 50х3500

22-32	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
36	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	2800
40	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	2380	460	4I0
46	3500	3500	3500	3500	3500	2440	2450	390	340	3I0	290
50	3500	3500	3500	3500	2I20	4I0	350	3I0	280	260	240
60	3500	2660	430	340	290	250	230	200	I90	I70	I60

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
					Машина НКМЗ 35х2650						
8-24	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650
25	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650
28	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650	I860	360	320
30	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2I30	I6I0	320	290	260
32	2650	2650	2650	2650	2650	2000	350	300	270	240	220
36	2650	2650	2650	I950	330	280	250	220	200	I90	I70
40	2650	2650	I660	300	250	220	I90	I70	I60	I50	I30
46	I990	300	240	2I0	I80	I50	I40	I30	I20	II0	I00
50	306	240	I90	I70	I40	I30	II0	I00	-	-	-
60	I80	I50	I20	I05	I00	-	-	-	-	-	-
					Машина UBRK 40х3200						
8-25	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200
28	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	-	-	-
30	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	-	-	-	-
32	3200	3200	3200	3200	3200	3200	-	-	-	-	-
36	3200	3200	3200	3200	-	-	-	-	-	-	-
40	3200	3200	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					Машина UBRK 50х4500						
I4-32	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
36	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	-	-	-
40	4500	4500	4500	4500	4500	4500	-	-	-	-	-
46	4500	4500	4500	-	-	-	-	-	-	-	-
50	4500	4500	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Пример определения возможности правки стали на листоправильной машине без опорных роликов

Нужно определить максимальную ширину листа толщиной 30 мм из стали 09Г2С при $\sigma_т = 300$ МПа и $E_1 = 2500$ МПа, который можно править на машине типа "Бенни" 26х3100.

1. Устанавливаем радиусы изгиба заготовки при правке в листоправильной машине по формуле для заготовок по паспорту машины и намеченной к правке

$$\rho_0 = \frac{440^2 + 411,3^2}{16 \cdot 11,3} = 1070, \quad \rho = \frac{440^2 + 4 \cdot 9,0^2}{16 \cdot 9,0} = 1295,$$

где $t = 440$ мм, $h_0 = 11,3$, $h = 9,0$ (из настройки машины).

2. Определяем максимальную ширину листа, который можно выправить на машине "Бенни" 26х3100 по формуле

$$B_{макс} = 3475 - \sqrt{3475^2 - \frac{250 \cdot 26^2}{300 \cdot 30^2}\,(2 \cdot 3475 - 3100) \cdot 3100} = 3475 - 1905 = 1570,$$

где параметры машины следующие:

$B_0 = 3100$ мм, $\delta_0 = 26$ мм, $\sigma_т^0 = 250$ МПа, $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа, $L = 3475$, машина без роликовых опор

$m_0 = 1,69$ (см.табл.9) при $K_0 = \frac{\sigma_т^0 \rho_0}{E \delta_0} = \frac{250 \cdot 1070}{2,1 \cdot 10^5 \cdot 26} = 0,0489$ и $E_1 = 4500$ МПа;

$m = 1,56$ (см.табл.9) при $K = \frac{\sigma_т \rho}{E \delta} = \frac{300 \cdot 1295}{2,1 \cdot 10^5 \cdot 30} = 0,0641$ и $E_1 = 2500$ МПа.

3. Минимальная толщина листа, который можно править машиной "Бенни" из условия геометрии машины, будет равна 11 мм (см.приложение 4).

Следовательно, на машине "Бенни" можно править листы шириной 1570 мм при толщине 30 мм и $\sigma_т = 300$ МПа, при этом смятие валков не будет происходить и качество правки будет хорошее (ввиду достаточной проработки пластическими деформациями).

Пример определения возможности правки стали на листоправильной машине с опорными роликами

Нужно определить максимальную ширину листа толщиной 40 мм из стали высокой прочности I2ХГН2МФБАЮ при $\sigma_т$ = I000 МПа и E = 2500 МПа, который можно править на машине "Фудзи Шарё" 40х3200.

Порядок определения возможности прави стали I2ХГН2МФБАЮ (ВС-2) следующий:

I. Устанавливаем радиусы изгиба заготовки при правке в листоправильной машине по формуле. Так как $\delta_0 = \delta$ = 40 мм, то

$$\rho_0 = \rho = \frac{440^2 + 4 \cdot 26^2}{16 \cdot 26} = 470 \text{ мм},$$

где t = 440 мм, $h = h_0$ = 26 мм (из настройки машины).

2. Определяем максимальную ширину листа, которую можно выправить на машине "Фудзи Шарё" 40х3200 по формуле

$$b_{макс} = \frac{3200 \cdot I,99 \cdot 400}{I,59 \cdot 40^2 \cdot I000} = x N^2 = I600 \cdot N^2,$$

где параметры машины следующие:

b_0 = 3200 мм, δ_0 = 40 мм, $\sigma_т^0$ = 400 МПа, количество роликовых опор - 2; E = 2,I·I0^5 МПа

m_0 = I,99 (см.табл.) при $K^0 = \frac{\sigma_т^0 \cdot \rho_0}{E \delta_0} = \frac{400 \cdot 470}{2,I \cdot I0^5 \cdot 40} = 0,022$

и E_1 = 4500 МПа;

m = I,59 (см.табл.) при $K = \frac{\sigma_т \cdot \rho}{E \cdot \delta} = \frac{I000 \cdot 470}{2,I \cdot I0^5 \cdot 40} = 0,056$

и E_1 = 2500 МПа.

Далее определяем $b_{макс}$ в зависимости от N методом последовательных приближений:

I) $\frac{b}{b_0} = \frac{I600}{3200} = 0,5$ по табл. (при 2-х роликовых опорах)

N = 0,7, а $N^2 = 0,7^2 = 0,49$;

$b'_{макс}$ = I600х0,49 = 784 мм, тогда

2) $\frac{b'}{b_0} = \frac{784}{3200} = 0,245$; N = 0,457; N^2 = 0,209;

$b''_{макс}$ = I600х0,209 = 334 мм

3) $\frac{\beta''}{\beta_0} = \frac{334}{3200} = 0{,}104$; $N = 0{,}382$; $N^2 = 0{,}146$

$\beta'''_{макс} = 1600 \times 0{,}146 = 234$ мм

4) $\frac{\beta'''}{\beta_0} = \frac{234}{3200} = 0{,}073$; $N = 0{,}369$; $N^2 = 0{,}136$

$\beta^{IV}_{макс} = 1600 \times 0{,}136 = 217$ мм

5) $\frac{\beta^{IV}}{\beta_0} = \frac{217}{3200} = 0{,}0678$; $N = 0{,}367$; $N^2 = 0{,}134$;

$\beta^{V}_{макс} = 1600 \times 0{,}134 = 214$ мм

6) $\frac{\beta^{V}}{\beta^{0}} = \frac{214}{3200} = 0{,}0668$; $N = 0{,}367$; $N^2 = 0{,}134$;

$\beta^{VI}_{макс} = 1600 \times 0{,}134 = 214$ мм

Следовательно, $\beta_{макс} = 214$ мм.

3. Минимальная же толщина листа, которую можно править машиной "Фудзи Шарё" 40х3200 из условия геометрии машины будет равна 15 мм (см.приложение).

Следовательно, на машине "Фудзи Шаре" 40х3200 можно править листы шириной до 214 мм при толщине листа 40 мм и $\sigma_т =$ = 1000 МПа, при этом смятие валков не будет происходить и качество правки будет хорошее (ввиду достаточной проработки пластическими деформациями).

Приложение 7

Термическая правка поясов балок с помощью автомата АТПГ-2М (разработчик и изготовитель - ЦНИИС Минтрансстроя)

Принцип работы автомата (рис.1).

Прижимная рамка прижимается к нижнему свесу выправляемого пояса балки таким образом, что два опорных колеса рамки образуют базу, относительно которой подпружиненный шток щупового устройства измеряет удвоенную грибовидность β. Шток связан с реостатом, регулирующим с помощью системы управления скорость движения автомата. Большей грибовидности соответствует меньшая скорость автомата. Зависимость изменения скорости от величины грибовидности принята линейной. Возможна также и частичная

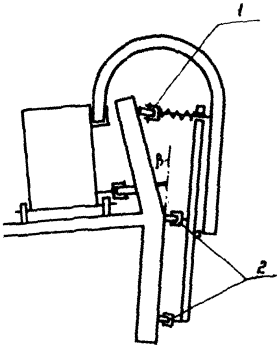

Рис. I

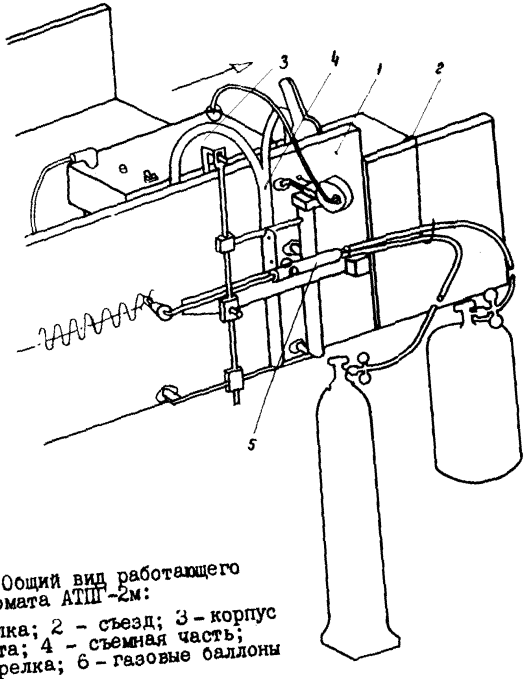

Рис.2. Общий вид работающего автомата АТШ-2м:
I - балка; 2 - съезд; 3 - корпус автомата; 4 - съемная часть; 5 - горелка; 6 - газовые баллоны

правка перекоса поясов одновременно с грибовидностью за счет смещения полосы нагрева в поперечном направлении (относительно оси пояса).

Основные механические данные и характеристики (рис.2)

А. Характеристика выправляемой балки:

тип балки	двутавровые; допускаются Н-образные и тавтовые элементы
положение стенки	горизонтальное
поперечные ребра жесткости	отсутствуют
переменные ширины и толщины пояса по длине балки	допускается
упоры, приваренные к выправляемому поясу	не допускаются
монтажные отверстия на поясе	допускаются
толщина пояса, мм	12 и более
ширина пояса, мм	400-800
длина пояса	не ограничивается
максимальная величина грибовидности	практически не ограничивается
минимальная ширина стенки балки, мм	400
стыковые соединения пояса или стенки	допускаются
класс стали	не ограничивается

Б. Характеристики автомата:

масса двух разъемных частей в сумме, кг	25
высота, мм	530
ширина, мм	470
длина, мм	450
питание электропривода перемещения	36 В
скорость правки, см/мин.	30-70
тип горелки, используемый в автомате	пропан-бутановая (типа ГЗУ-2-62П с наконечником № 7) или ацетилено-кислородная максимальной мощности

расстояние сопла горлки от нагреваемой поверхности, мм	25 ± 5
амплитуда поперечных перемещений горелки, мм	0-60
направление рабочего перемещения автомата	в одну сторону

Подготовка автомата к работе

Корпус автомата устанавливают на горизонтальную стенку балки вплотную к внутренней поверхности выправляемого пояса, после чего присоединяется съемная часть и горелка.

Настройка режима правки для сталей марок I5ХСНД и IOХСНД осуществляется рукоятками на панели автомата в соответствии с таблицей (для других марок сталей режимы следует подбирать опытным путем).

Таблица I

Толщина выправляемого пояса, мм	Положение I рукоятки деления	Положение П рукоятки деления
I2	7	0
I6	7	0
20	I5	0
25	7	0

Съезд монтируется вплотную к концевому участку балки.

Порядок работы с автоматом

В процессе работы оператор обязан визуально контролировать температуру нагрева поверхности металла, которая не должна превышать 700 - 900°С. Перегрев возможен из-за механических помех движению автомата или слишком большой величине грибовидности, для чего необходимо либо устранить помехи, либо уменьшить величину показаний грибовидности на шкале щупа.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

1. Основные положения 3
2. Общие указания 5
3. Холодная правка. Правка изгибом листового проката на листоправильных вальцах 8
4. Термическая правка. Правка листового проката 17
5. Правка грибовидности и перекоса полок 25
6. Правка продольного изгиба 26
7. Правка хлопунов 30
8. Правка прочих видов деформаций 36

Приложения

1. Характеристика газопламенных горелок 38
2. Устройство для контроля температуры нагрева и основные показатели термопар 39
3. Листоправильные машины с параллельными рядами валков 43
4. Зависимости радиуса изгиба (ρ) от радиуса исходной кривизны (R) для стали 45
5. Предельные значения ширины и толщины листов, выправляемых различными машинами 66
6. Пример определения возможности правки стали на листоправильной машине 71
7. Термическая правка поясов балок с помощью автомата АТПГ-2М (разработчик и изготовитель - ЦНИИС Минтрансстроя) 73

Ответственный за выпуск В.В.Волков

Техн.редактор Л.А.Пыжова

Л-19572. Подписано в печать 27/XI-81 г. Формат 60x84/16. .75 п.л. Тираж 150 экз. Цена 80 коп. Заказ № 112

Отпечатано на ротапринте ЦНИИпроект

gost.e-ecolog.ru