ЦНИИПроектстальконструкция
Госстроя СССР

Руководство

по обработке сталей с пределом текучести 285–735 МПа

Москва 1984

gost.e-ecolog.ru

Ордена Трудового Красного Знамени
Центральный научно-исследовательский
и проектный институт
строительных металлоконструкций
(ЦНИИПроектстальконструкция)
Госстроя СССР

РУКОВОДСТВО

по обработке сталей с пределом текучести 285–735 МПа



МОСКВА СТРОЙИЗДАТ 1984

УДК 691.714:669.14.018.25

Рекомендовано к изданию решением секции технологии изготовления и технико-экономических исследований НТС ЦНИИПроектстальконструкции Госстроя СССР.

Руководство по обработке сталей с пределом текучести 285–735 МПа / ЦНИИПроектстальконструкция. – М.: Стройиздат, 1984. 140 с.

Разработано к главе СНиП III-18-75 "Металлические конструкции. Правила производства и приемки работ".

Содержит характеристики сталей повышенной и высокой прочности (в том числе технологические). Приведены данные по режимам обработки стали, оборудованию для различных технологических операций, а также методика выбора оптимальных технологических операций и оборудования.

Для инженерно-технических работников проектных организаций и заводов-изготовителей строительных металлоконструкций.

Табл. 57, ил. 6.

Р $\frac{2705000000-511}{047(01)-84}$ Инструкт.-нормат., II вып. – 119-83

© Стройиздат, 1984

Предисловие

Одним из основных направлений развития строительных металлических конструкций является широкое использование проката из стали повышенной и высокой прочности, способствующее решению проблемы экономии металла в строительной индустрии.

Применение такой стали ставит перед промышленностью ряд технологических и экономических задач, решение которых требует дополнительных исследований в области обработки, сварки стали и выбора наиболее рационального технологического оборудования.

В Руководстве приведены основные свойства проката из стали повышенной и высокой прочности, данные по режимам их обработки и оборудованию для различных технологических операций.

Настоящее Руководство составлено в отделе технологии изготовления и проектирования заводов металлических конструкций ЦНИИПроектстальконструкция под общим руководством акад. Н.П. Мельникова.

В разработке Руководства участвовали: канд. техн. наук В.В. Волков, инж. Т.А. Герасимова, кандидаты техн.наук Л.И. Гладштейн, В.Г. Кравченко, Ю.Л. Попелянский, инженеры В.В. Чекалин, У.П. Шибаев (ЦНИИПроектстальконструкция); проф. А.А. Абаринов, канд. техн.наук. Р.Г. Губайдулин (Челябинский политехнический институт); канд.техн.наук А.З. Белик (Курский политехнический институт); инженеры В.Е. Башмаков, Б.И. Гампель, Г.В. Тесля-Тесленко (ВНИКТИСтальконструкция); Л.А. Лившиц (Челябинский завод металлоконструкций).

1. СТРОИТЕЛЬНЫЕ СТАЛИ ПОВЫШЕННОЙ И ВЫСОКОЙ ПРОЧНОСТИ

Свойства стали по ГОСТам и ТУ

1.1. В целях унификации все строительные стали в данном Руководстве разделены на семь классов прочности по гарантированным значениям временного сопротивления разрыву и предела текучести (табл. 1). Сталь класса С38/23 принято называть сталью нормальной прочности, классов С44/29, С46/33 и С52/40 –

Таблица 1

Класс прочности стали	Механические свойства при растяжении, не менее			Группа качества по хладостойкости и температура, °С, при которой гарантируется ударная вязкость не менее 0,3 МДж/м²	
	временное сопротивление, МПа	предел текучести, МПа	относительное удлинение, %	I	II
С44/29	430	285	21	–40	–70
С46/33	450	325	21	–40	–70
С52/40	510	390	19	–40	–70
С60/45	590	440	16	–40	–70
С70/60	685	590	12	–40	–70
С85/75	835	735	10	–40	–70

Таблица 2

Класс прочности стали	Марка стали	Толщина проката, мм	$\sigma_в$, МПа	$\sigma_т$, МПа	δ_5, %	KCU, МДж/м^2, при температуре, °С			ГОСТ или ТУ
						–40	–70	+20, после механического старения	
С44/29	ВСтТпс	10–25	432	294	16	0,29	–	0,29	ГОСТ 14637–79
	09Г2С	21–32	461	304	21	0,34	0,29	0,29	ГОСТ 19282–73
	09Г2С	33–61	451	284	21	0,34	0,29	0,29	ГОСТ 19282–73
	14ГС	21–50	451	304	21	0,29	0,25	0,29	ТУ 14-1-2504-78
С46/33	09Г2С	5–9	490	343	21	0,39	0,34	0,29	ГОСТ 19282–73
	09Г2С	10–20	471	324	21	0,34	0,29	0,29	ГОСТ 19282–73
	14ГС	6–20	471	324	21	0,39	0,29	0,29	ТУ 14-1-2504-78
	10Г2С1	5–9	490	343	21	0,39	0,29	0,29	ТУ 14-1-2504-78
	10Г2С1	10–20	481	334	21	0,29	0,25	0,29	ГОСТ 19282–73
	10Г2С1	33–60	451	324	21	0,29	0,25	0,29	ГОСТ 19282–73
	14Г2	5–9	461	334	21	0,34	–	0,29	ГОСТ 19282–73
	14Г2	10–20	451	324	21	0,29	–	0,29	ГОСТ 19282–73
	14Г2	21–32	451	324	21	0,29	–	0,29	ГОСТ 19282–73
	10ХНДП	0,8–4	471	343	21	–	–	–	ТУ 14-1-1217-75
	10ХНДП	5–9	471	343	20	0,39	–	0,29	ГОСТ 19282–73

Продолжение табл. 2

Класс прочности стали	Марка стали	Толщина проката, мм	$\sigma_в$, МПа	$\sigma_т$, МПа	δ_5, %	KCU, МДж/м^2, при температуре, °С			ГОСТ или ТУ
						–40	–70	+20, после механического старения	
	10ХНДП	10–16	441	294	20	0,29		–	ТУ 14-1-1217-75
	12ХГДАФ	12–30	490	343	20	–	0,29	0,29	ТУ 14-1-2881-80
	12ХГДАФ	31–50	471	324	20	–	0,29	0,29	ТУ 14-1-2881-80
С52/40	14Г2АФ	5–9	540	392	20	0,44	0,34	0,29	ГОСТ 19282–73
	14Г2АФД	10–50	540	392	20	0,39	0,29	0,29	ГОСТ 19282–73
	15Г2АФДпс	5–9	540	392	19	0,44	0,34	0,29	ГОСТ 19282–73
	15Г2АФДпс	10–32	540	392	19	0,39	0,29	0,29	ГОСТ 19282–73
	10ХСНД	5–32	530	392	19	0,49	0,29	0,29	ГОСТ 19282–73
	10ХСНД	33–40	510	392	19	0,49	0,29	0,29	ГОСТ 19282–73
С60/45	16Г2АФ	5–9	589	441	20	0	0	0,29	ГОСТ 19282–73
	16Г2АФ	10–32	589	441	20	0,39	0,29	0,29	ГОСТ 19282–73
	16Г2АФ	33–50	589	441	20	0,39	0,29	0,29	ТУ 14-1-1175-74
С70/60	12Г2СМФ	10–32	687	589	14	0,34	–	–	ТУ 14-1-1308-75
	12ГН2МФАЮ	16–40	687–883	589–785	14	–	0,29	–	ТУ 14-1-1772-76
	12ХГН2МФБАЮ	16–40	834	736	12	–	0,29	–	ТУ 14-104-13-75

повышенной прочности и классов С60/45, С70/60 и С85/75 - высокой прочности.

В данном Руководстве рассматриваются стали только повышенной и высокой прочности.

1.2. Показателем гарантированного сопротивления хрупкому разрушению (хладостойкости) принята ударная вязкость при отрицательной температуре, в соответствии с чем строительные стали повышенной и высокой прочности можно разделить на две группы качества по хладостойкости:

I - для конструкций, эксплуатируемых при обычных температурах (расчетная температура не ниже минус 40°С);

II - для конструкций, эксплуатируемых при расчетных температурах ниже минус 40°С (в северном исполнении).

1.3. Сталь для строительных конструкций, подвергающихся непосредственному воздействию динамических и вибрационных нагрузок, должна иметь также гарантированную ударную вязкость при температуре плюс 20°С после механического старения. Эта характеристика является также показателем свариваемости, так как отражает свойства стали в сварном соединении вблизи шва.

1.4. В табл. 2 приводятся требования к механическим свойствам некоторых марок стали, применяемых для сварных металлических конструкций из проката разных классов прочности,

Технологические свойства стали

1.5. Для технологических расчетов и выполнения операций, связанных с пластическим деформированием стали (правки, гибки на угол, гибки по радиусу, механической резки), следует пользоваться нормативными, среднестатистическими и максимальными теоретически вероятными значениями пределов текучести,

временного сопротивления разрыву и относительного удлинения после разрыва ($\sigma_т^н$; $\sigma_т^{ср}$; $\sigma_т^{макс}$; $\sigma_в^н$; $\sigma_в^{ср}$; $\sigma_в^{макс}$; $\delta_5^н$; $\delta_5^{ср}$).

В расчетах технологических операций тепловой резки и сварки стали следует пользоваться среднестатистическими значениями эквивалента углерода по резке и сварке ($C_р^э$ и $C_{св}^э$).

1.6. Технологические характеристики свойств проката устанавливаются путем обработки результатов испытаний образцов на растяжение или сертификатных данных методами математической статистики.

1.7. Значения технологических характеристик предела текучести, временного сопротивления разрыву и относительного удлинения после разрыва приведены в табл. 3 ($y^т$; $y^в$ и $y^δ$ – среднеквадратичное отклонение соответствующих величин).

1.8. Модули упрочнения E_1 для рассматриваемых сталей при линейной аппроксимации участков упрочнения на диаграммах растяжения определены по результатам испытания образцов с последующим проведением усредненной прямой, начиная от предела текучести (табл. 4).

Таблица 3

Класс прочности стали	Марка стали	Предел текучести, МПа			
		$\sigma_т^н$ (по ГОСТ или ТУ)	$\sigma_т^{ср}$	$y^т$	$\sigma_т^{макс}$
С44/29	09Г2С	284	378	38,1	492
С46/33	10Г2С1	324	378	20,3	436
С52/40	10ХСНД	392	450	36,9	569
С52/40	14Г2АФ	392	469	65,5	665
С60/45	16Г2АФ	441	498	41,0	622
С70/60	12Г2СМФ	589	737	73,7	946
С70/60	12ГН2МФАЮ	589	664	71,2	878
С85/75	12ХГН2МФБАЮ	736	849	72,1	1065

Продолжение табл. 3

Класс прочности стали	Марка стали	Временное сопротивление, МПа				Относительное удлинение, %		
		$\sigma_в^н$ (по ГОСТ или ТУ)	$\sigma_в^{ср}$	$\nu^в$	$\sigma_в^{макс}$	$\delta_5^н$ (по ГОСТ или ТУ)	$\delta_5^{ср}$	ν^δ
С44/29	09Г2С	432	538	32,4	636	21	27,6	3,14
С46/33	10Г2С1	551	538	32,4	628	21	28,5	3,42
С52/40	10ХСНД	510	587	33,9	696	19	–	–
С52/40	14Г2АФ	540	608	53,6	769	20	24,1	3,9
С60/45	16Г2АФ	589	642	38,6	757	20	23,7	3,24
С70/60	12Г2СМФ	687	822	64,1	1014	14	15,5	2,34
С70/60	12ГН2МФАЮ	687	767	73,6	988	14	17,1	2,65
С85/75	12ХГН2МФБАЮ	834	959	60,7	1142	12	14,3	2,1

Таблица 4

Класс прочности	Марка стали	Средние значения E_1, МПа		
		сталь		
		горячекатаная	нормализованная	после закалки и отпуска
С44/29	09Г2С	4500	–	2500
С46/33	10Г2С1	4500	–	2500
С52/40	10ХСНД	–	4500	2500
С60/45	16Г2АФ	–	4500	2500
С70/60	12Г2СМФ	–	–	2500
С70/60	12ГН2МФАЮ	–	–	2500
С85/75	12ХГН2МФБАЮ	–	–	2500

1.9. Для толстолистовых сварных элементов металлоконструкций, передающих значительные усилия в направлении толщины (например, фланцев болтовых соединений поясов ферм из широкополочных двутавров), должна быть обеспечена достаточная пластичность металлопроката в направлении толщины как мера предупреждения образования сварочных ламелярных (слоистых) трещин. Стали с относительным сужением в направлении толщины Ψ_z, более или равном 20%, не склонны к образованию ламелярных трещин. Для сталей с Ψ_z менее 20%, но более 10% образование трещин можно предупредить технологическими мерами (правильным выбором сварочных материалов, предварительным подогревом и др.). Для сталей с Ψ_z менее 10% избежать появления трещин в соединениях с большой жесткостью формы трудно или невозможно.

Гарантия выбранного значения Ψ_z, определяемого испытанием на статическое растяжение образцов, вырезанных в направлении толщины проката, обеспечивается специальными техническими условиями на поставку стали или селекцией листов из полученных партий.

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОПРОКАТА, РЕЖИМЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Термическая резка листовой стали повышенной и высокой прочности

2.1. Для резки высокопрочных сталей следует использовать любой из промышленных методов термической резки – кислородную резку, кислородную резку с завесой, резку кислородом низкого давления, воздушно-плазменную резку и др. – на любом оборудовании, применяемом для резки сталей нормальной и повышенной прочности.

2.2. Термическую резку высокопрочных сталей разрешается выполнять без предварительного подогрева.

2.3. Качество кромок сталей повышенной и высокой прочности классов до С60/45 включительно после термической резки, не подлежащих сварке или не пол-

ностью проплавляемых, а также необходимость в их последующей механической обработке должны соответствовать требованиям главы СНиП III-18-75. Кромки высокопрочных сталей классов С70/60 и С85/75 после термической резки, не подлежащие сварке или не полностью проплавляемые, подлежат механической обработке.

2.4. Кромки сталей классов прочности С44/29 . . . С85/75 включительно, подлежащие сварке, допускаются в производство без механической обработки при обеспечении допусков на размеры и форму подготовки кромок в соответствии с требованиями ГОСТ 8713-79, ГОСТ 14771-76 и ГОСТ 5264-80.

2.5. Термическую резку при изготовлении металлических конструкций из сталей повышенной и высокой прочности следует применять:

при вырезке деталей с криволинейной конфигурацией кромок из листового проката толщиной 4-12 мм;

при вырезке деталей любой конфигурации из листового проката толщиной 12 мм и более;

при резке профильного проката в случае отсутствия механического оборудования;

при резке замкнутых профилей проката.

Различные способы резки листового проката приведены в табл. 5.

2.6. Основной объем работ по термической резке должен выполняться на стационарных и переносных машинах, применение ручной резки должно ограничиваться следующими операциями:

резкой профильного проката;

резкой перемычек, отходов, пробивкой отверстий;

вырезкой мелких единичных деталей сложной конфигурации.

2.7. Воздушно-плазменную резку листового проката толщиной до 30 мм следует применять при вырезке:

деталей, кромки которых подлежат последующей механической или тепловой обработке для получения скосов под сварку;

деталей, имеющих технологический припуск;

Таблица 5

Толщина разрезаемой стали, мм	Способы резки при изготовлении деталей из листового проката по областям применения					
	Полосы из листа, крупногабаритные прямоугольные детали	Крупногабаритные детали сложной конфигурации (свыше 1,5 до 2,1 м)	Средние и мелкие детали прямоугольной формы	Средние и мелкие детали сложной конфигурации (до 1,5 м)	Образование скосов под сварку, переходные фаски	Мелкие единичные детали сложной конфигурации
3–4	Механические способы резки	Пакетная резка кислородом низкого давления на переносных машинах	Механические способы резки. Пакетная резка кислородом низкого давления на машинах типа ПК и переносных машинах	Пакетная резка кислородом низкого давления на машинах типа ПК, Пк, ШК. Штамповка	–	Ручная резка пакетов листов и отдельных листов
4–12	Воздушно-плазменная резка на машинах типа ППл, резка с завесой на машинах типа ПК*, при резках длиной менее 3 м предпочтительнее гильотинная резка	Воздушно-плазменная резка на машинах типа ППл, ПкПл, резка с завесой, на машинах типа ПК, ПкК, а также на переносных машинах	Механические способы резки; воздушно-плазменная резка, резка с завесой на машинах типа ППл, ПК и переносных машинах	Воздушно-плазменная резка на машинах типа ПкПл, ШПл и резка с завесой на машинах типа ПкК, ШК	–	Ручная резка
12–30	Механические способы резки	Пакетная резка кислородом низкого давления на переносных машинах	Механические способы резки. Пакетная резка кислородом низкого давления на машинах типа ПК и переносных машинах	Пакетная резка кислородом низкого давления на машинах типа ПК, Пк, ШК. Штамповка	Кислородная резка переносными машинами одним, двумя, тремя резаками, кислородная резка трехрезаковым блоком на стационарных машинах**	
30–40	Кислородная резка	Кислородная резка с завес-	Кислородная резка с завес-	Кислородная резка с завес-	То же	Ручная резка

Продолжение табл. 5

Толщина разрезаемой стали, мм	Способы резки при изготовлении деталей из листового проката по областям применения					
	Полосы из листа, крупногабаритные прямоугольные детали	Крупногабаритные детали сложной конфигурации (свыше 1,5 до 2,1 м)	Средние и мелкие детали прямоугольной формы	Средние и мелкие детали сложной конфигурации (до 1,5 м)	Образование скосов под сварку, переходные фаски	Мелкие единичные детали сложной конфигурации
	с завесой на машинах типа ПК*; обычная кислородная резка (при чистоте кислорода 99,6–99,9%)	сой и обычная кислородная резка на машинах типа ПкК и на переносных машинах	сой и обычная кислородная резка на машинах типа ПК и переносных машинах	сой и обычная кислородная резка на машинах типа ШК, ПкК		
40–100	Обычная кислородная резка на машинах типа ПК* и на переносных машинах	Обычная кислородная резка на машинах типа ПкК и на переносных машинах	Обычная кислородная резка на машинах типа ПК и переносных машинах	Обычная кислородная резка на машинах типа ШК, ПкК	"	То же
Свыше 100	Резка кислородом низкого давления и на машинах типа ПК*	Резка кислородом низкого давления на машинах ПкК, УК и переносных машинах	Резка кислородом низкого давления на машинах типа ТК и переносных машинах	Резка кислородом низкого давления на машинах типа ПК, Пк, ШК	"	"

*Резку рекомендуется выполнять одновременно двумя резаками и более с использованием системы стабилизации расстояния от торца резака до поверхности разрезаемого листа.

**Резка скосов трехрезаковым блоком должна производиться на машинах, оснащенных системой стабилизации расстояния от торца резака до поверхности разрезаемого листа.

деталей, кромки которых стыкуются в тавр для сварки в углекислом газе или для ручной сварки;

кромок, стыкуемых с кромками, образованными кислородной или механической резкой;

деталей со свободными кромками.

2.8. Кислородную резку с завесой следует применять: при вырезке деталей, к кромкам которых предъявляются повышенные требования по чистоте поверхности; при вырезке всех деталей из низколегированных сталей повышенной и высокой прочности, кромки которых не подлежат обязательной обработке механическим способом после термической резки.

Кислородную резку с завесой рекомендуется применять при толщине листового проката не более 40 мм.

2.9. Резку кислородом низкого давления следует применять:

при пакетной резке листового проката;

при резке листового проката толщиной более 100 мм.

2.10. Выполнение скосов кромок деталей под сварку следует производить на переносных машинах или трехрезаковым блоком на стационарных машинах для кислородной резки.

2.11. Стационарные и переносные машины для кислородной и воздушно-плазменной резки должны соответствовать ГОСТ 5614-74. Вырезку деталей следует производить на стационарных и переносных машинах согласно рекомендациям табл. 5. Технические характеристики некоторых отечественных машин для кислородной и воздушно-плазменной резки, нашедших наиболее широкое применение на заводах металлоконструкций, приведены в табл. 6 и 7.

2.12. Режимы кислородной резки следует назначать в зависимости от толщины и химического состава стали, а также от чистоты кислорода, конструкции мундштука. Ориентировочные режимы обычной кислородной резки и кислородной резки с завесой с использованием в качестве горючего газа пропан-бутана приведены в табл. 8 и 9.

Таблица 6

Технические характеристики оборудования для кислородной резки

Марка машины	Тип машины по ГОСТ 5614-74	Класс точности	Назначение машины	Система контурного управления	Скорость резки, мм/мин	Наибольшие размеры обрабатываемых листов, мм			Угол разделки кромок, град
						длина	ширина	толщина	
ЮГ-8К4	ПК8-4ф-2	2	Вырезка деталей различной конфигурации; раскройные работы; скос под сварку	Фотокопировальная по копир-чертежам М 10:1, М 20:1	До 4000	2000	8000 (4000х2)	5-100	-
ЮГ-2,5К-1,6 "Одесса"	ПК2,5-1,6ф-2	2	То же	То же, М 5:1, М 10:1	" 1600	8000	2500	5-100	-
		3	"	"	" 2000	8000	2500	5-100	-
"Днепр"-8К2	ПК8-2л-2	2	Раскрой металла в продольном и поперечном направлениях	-	" 2000	2000	8000 (4000х2)	5-160	-

Продолжение табл. 6

Марка машины	Тип машины по ГОСТ 5614-74	Класс точности	Назначение машины	Система контурного управления	Скорость резки, мм/мин	Наибольшие размеры обрабатываемых листов, мм			Угол разделки кромок, град
						длина	ширина	толщина	
"Днепр"-2,5К2	ПК2,5-2л-2	2	То же	-	До 2000	8000	2500	5-160	-
"Черномор"	ПК2,5-2л-3	3	Вырезка деталей различной конфигурации; раскройные работы; скос под сварку	-	" 2250	8000	2500	5-100	-
СГУ-1-60	ПкК2-4 М-2	2	Вырезка фигурных деталей, прямолинейная резка листов	Магнитная, по стальному копиру	" 4000	8000	2000	5-100	15-45
АСШ-70	ШК	1	Вырезка фигурных деталей	То же	" 1600	1500	7500	5-100	-
"Кристалл"	ПК	1	Вырезка фигурных деталей, прямолинейная резка, скос под сварку	Цифровая программная	" 4000	1000	2500	4-100	20-50
"Зенит-"2	ПК	2	Вырезка фигурных деталей и скос под сварку в поточной линии и автономно	Фотокопировальная по копир-чертежу М 10:1	" 900	1000	2500	4-100	30-50
"Волга"	К2-р	2	Прямолинейная резка одновременно двух листов, скос под сварку	-	" 1500	10000	3500	8-100	-
"Радуга"	К3-р	3	Прямоугольная резка, вырезка деталей с произвольными контурами, скос под сварку	-	" 1500	-	-	5-300	20-40

Продолжение табл. 6

Марка машины	Тип машины по ГОСТ 5614-74	Количество резаков, шт.	Расход газов, $м^3/ч$, на один резак			
			кислорода	ацетилена	пропан-бутана	природного газа
ЮГ-8К4	ПК8-4ф-2	1-4	1-12	0,2-0,6	-	-
ЮГ-2,5К-1,6	ПК2,5-1,6ф-2	1-2	2-12	0,3-1,2	-	-
"Одесса"		1-4	3-25	0,2-1	0,6-2,4	1,6-6,4
"Днепр"-8К2	ПК8-2л-2	1-12	1-12	0,35-1,2	-	-
"Днепр"-2,5К2	ПК2,5-2л-2	1-6	1-12	0,35-1,2	-	-
"Черномор"	ПК2,5-2л-3	1-6	4-12	0,2-0,6	1,2-3,5	3,2-9,6
СГУ-1-60	ПкК2-4М-2	1-2	1-10	0,2-0,6	-	-
АСШ-70	ШК	1-2	1-10	0,2-0,6	-	-
"Кристалл"	ПК	1-3	-	-	-	-
"Зенит"-2	ПК	1-3	-	-	-	-
"Волга"	К2-р	3-18	-	-	-	-
"Радуга"	К3-р	1-2	28	0,6	3,6	9,6

Таблица 7

Технические характеристики оборудования для воздушно-плазменной резки

Параметры	АСШ-4	СГУ	УПЛ-1,6/2Ф	"Стрела"
Максимальная ширина разрезаемого металла, мм	1000	2000	2000	2000
Максимальная скорость резки, мм/мин	4000	4000	4000	4000
Система управления	Магнитно-копировальная	Магнитно-копировальная	Фотокопировальная М 1:1	Фотокопировальная М 1:10
Точность воспроизведения контура, мм	±0,5	±1	±1	±0,5
Плазменно-режущая оснастка	УРПД-67	УВПР "Киев"	УВПР "Киев"	-
Потребляемая мощность, кВт	-	90	90	-
Напряжение холостого хода источника питания, В	180	320	320	-

Продолжение табл. 7

Параметры	Юг-2,5Пл6	"Кристалл"	"Днепр"-2,5Пл10	Полуавтомат "Алтай"
Максимальная ширина разрезаемого металла, мм	2500	2500	2500	-

Продолжение табл.7

Параметры	Юг-2,5Пл6	"Кристалл"	"Днепр"-2,5Пл10	Полуавтомат "Алтай"
Максимальная скорость резки, мм/мин	6000	4000	10000	4000
Система управления	Фотокопировальная М 1:5, М 1:10	Цифровая программная	–	–
Точность воспроизведения контура, мм	±1	±0,5	–	–
Плазменно-режущая оснастка	УВПР "Киев"	Специальная	–	–
Потребляемая мощность, кВт	90	–	203	–
Напряжение холостого хода источника питания, В	320	–	–	70–130 (рабочее)

Таблица 8

Рекомендуемые режимы кислородной резки

Марка стали	Толщина металла, мм	Номер внутреннего мундштука	Давление кислорода, МПа	Давление пропан-бутана, МПа	Расход, л/мин пропан-бутана
16Г2АФ*	10	1	0,3	0,035–0,04	3–5,5
	20	2	0,55		
	30	3	0,65		
	40	3	0,65		

Продолжение табл.8

Марка стали	Толщина металла, мм	Номер внутреннего мундштука	Давление кислорода, МПа	Давление пропан-бутана, МПа	Расход, л/мин пропан-бутана
12Г2СМФ	10	1	0,35	0,025–0,04	3–5,5
	20	2	0,55		
	30	3	0,65		
12ГН2МФАЮ, 12ХГН2МФБАЮ	10	1	0,45	0,03–0,045	4,5–7
	20	2	0,6		
	30	3	0,7		
	40	3	0,7		

Продолжение табл. 8

Марка стали	Расход, л/мин: подогревающего кислорода	Расход, л/мин: режущего кислорода	Скорость резки, мм/мин	Угол атаки для прямолинейной резки, град	Расстояние от резака до листа, мм
16Г2АФ*	15–24	25–70	560–600	60–70	6–9
			440–460	60–70	
			350–380	70–85	
			320–340	70–85	
12Г2СМФ	15–22	26–66	540–560	60–70	6–9
			440–460	60–70	
			360–380	70–85	
12ГН2МФАЮ	18–27	32–78	500–520	60–70	6–9
			400–420	60–70	

Продолжение табл.8

Марка стали	Расход, л/мин		Скорость резки, мм/мин	Угол атаки для прямолинейной резки, град	Расстояние от резака до листа, мм
	подогревающего кислорода	режущего кислорода			
			340–360	70–85	
			270–300	70–85	
			460–490	60–70	
12ХГН2МФБАЮ 18–27		32–78	370–400	60–70	6–9
			310–330	70–85	
			250–270	70–85	

*Также для сталей классов прочности С44/29...С52/40.

Режимы даны для условий: при обычной кислородной резке используется кислород чистотой не менее 99,5...99,8%, а при резке с завесой – не менее 99,2%. При этом обеспечивается безгратовая резка с качеством кромок не ниже I класса по ГОСТ 14792–80.

Для резки с завесой сталей 12ГН2МФАЮ и 12ХГН2МФБАЮ использованы мундштуки с многосопловым подогревом (рис. 1, б).

При кислородной резке высокопрочных сталей толщиной не более 40 мм предпочтение следует отдавать кислородной резке с завесой ввиду ее следующих преимуществ перед обычной кислородной резкой:

незначительное увеличение скорости резки;

снижение твердости в ЗТВ, т.е. снижение вероятности образования закалочных трещин;

снижение высоты неровностей на поверхности реза (более высокая чистота поверхности).

2.13. Для обычной кислородной резки сталей повышенной и высокой прочности следует применять мундштуки со щелевым подогревом (см. рис. 1, а), раз-

Таблица 9

Рекомендуемые режимы кислородной резки с завесой

Марка стали	Толщина металла, мм	Диаметр сопла для режущего кислорода, мм	Давление режущего кислорода и кислорода завесы, МПа	Давление пропан-бутана, МПа	Расход, л/мин			Скорость резки, мм/мин	Угол атаки для прямолинейной резки, град	Расстояние от резака до листа, мм
					пропан-бутана	подогревающего кислорода	режущего кислорода и кислорода завесы			
16Г2АФ*	10	1,2	0,4	0,06–0,1				660–680	60–70	
	20	1,5	0,6		4,5–6	15–24	33–80	500–520	60–70	6–9
	30	1,7	0,7					400–420	70–85	
	40	1,7	0,7					340–360	70–85	
12Г2СМФ	10	1,5	0,65	0,06–0,1				640–660	60–70	
	20	1,5	0,65		5–7	15–22	33–72	470–500	60–70	6–9
	30	1,7	0,75					380–400	70–85	
	10	2	0,6	0,06–0,1				580–600	60–70	
	20	2	0,75		6–8	18–27	40–90	460–480	60–70	6–9
12ГН2МФАЮ	30	2	0,8					360–380	70–85	
	40	2	0,8					300–320	70–85	
	10	2	0,7	0,06–0,1				560–580	60–70	
	20	2	0,7		6–8	18–27	40–90	440–460	60–70	6–9
12ХГН2МФБАЮ	30	2	0,8					340–360	70–85	
	40	2	0,9					280–300	70–85	

*Также для сталей классов прочности С44/29 . . . С52/40.

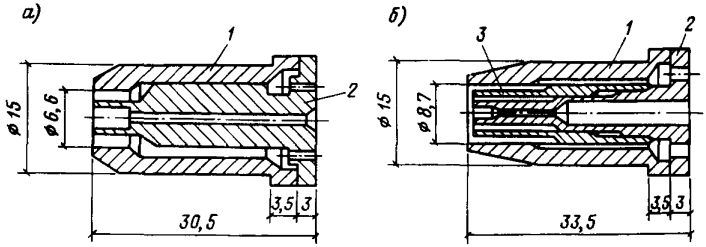


Рис. 1. Мундштуки для кислородной резки

а – для обычной кислородной резки; б – для резки с кислородной завесой с многосопловым подогревом; 1 – наружный мундштук; 2 – внутренний мундштук; 3 – втулка.

работанные ВНИИавтогенмашем. Для кислородной резки с завесой сталей повышенной прочности и высокопрочной стали класса С60/45 рекомендуется использовать мундштуки, разработанные Молодечненским ЗМК (см. рис. 1, б) и централизованно изготовляемые на этом заводе; для кислородной резки с завесой высокопрочных сталей классов С70/60 и С85/75 – мундштуки с многосопловым подогревом (рис. 2), разработанные Челябинским филиалом ВНИКТИСтальконструкция.

2.14. При выполнении скосов кромок одновременно двумя или тремя резаками следует руководствоваться табл. 10 и 11. Настройку резаков по высоте относительно листа, а также относительно один другого при отсутствии на оборудовании специальных лимбов следует производить по линейке. Режимы резки скосов следует назначать по табл. 8 и 9, принимая за толщину условную величину S по табл. 12.

2.15. Пакетную резку листовой стали повышенной и высокой прочности следует производить резаками низкого давления.

Пакеты должны быть собраны и сжаты скобками, струбцинами или переносным грузом. Зазоры между листами не должны превышать 3 мм.

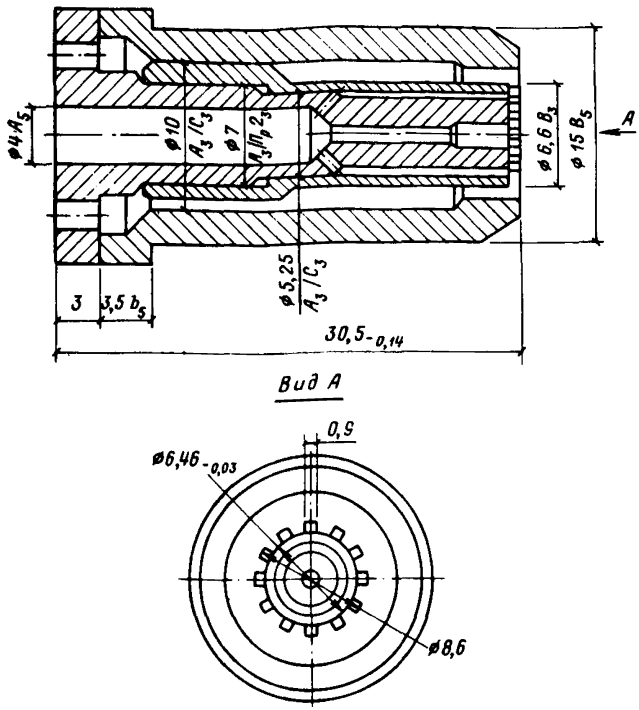


Рис. 2. Конструкция мундштука для резки с кислородной завесой с многосопловым подогревом

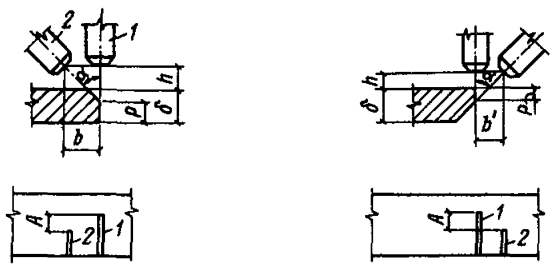
Режимы пакетной резки кислородом низкого давления приведены в табл. 13.

2.16. Рекомендуемые режимы воздушно-плазменной машинной резки применительно к установке АПР-401 при напряжении на дуге 120-160 В и вылете 8-12 мм приведены в табл. 14.

2.17. Для снижения деформаций, возникающих в результате термической резки, необходимо соблюдать следующие меры:

роспуск листов на полосы следует производить на

Таблица 10



Толщина, мм	$\alpha = 20^\circ$		$\alpha = 25^\circ$							
	P=2		P=1,5		P=3		P=4		P=6	
	B	B'	B	B'	B	B'	B	B'	B	B'
8	6	5	8	6	–	–	–	–	–	–
10	7	5	9	6	–	–	–	–	–	–
12	8	5	10	6	–	–	–	–	–	–
14	9	5	11	6	10	7	–	–	9	8
16	9	5	12	6	11	7	–	–	10	8
18	10	5	13	6	–	–	12	7	11	8
20	11	5	14	6	–	–	13	7	12	8
22	11	5	15	6	–	–	–	–	13	8
24	12	5	16	6	–	–	–	–	14	8
26	13	5	17	6	–	–	–	–	–	–
28	14	5	18	6	–	–	–	–	–	–
30	14	5	19	6	–	–	–	–	–	–

Продолжение табл.10

Толщина, мм	$\alpha = 30^\circ$													
	P=1,5		P=2		P=3		P=4		P=5		P=6		P=7	
	B	B'	B	B'	B	B'	B	B'	B	B'	B	B'	B	B'
8	10	7	–	–	9	8	9	9	8	9	–	–	7	11
10	11	7	–	–	11	8	10	9	9	9	–	–	8	11
12	13	7	–	–	12	8	11	9	11	9	–	–	9	11
14	14	7	14	7	13	8	12	9	12	9	11	10	11	11
16	15	7	15	7	–	–	–	–	–	–	12	10	–	–
18	16	7	16	7	–	–	–	–	–	–	14	10	–	–
20	17	7	17	7	–	–	–	–	–	–	15	10	–	–
22	18	7	18	7	–	–	–	–	–	–	16	10	–	–

Продолжение табл.10

Толщина, мм	$\alpha = 30^\circ$													
	$P=1,5$		$P=2$		$P=3$		$P=4$		$P=5$		$P=6$		$P=7$	
	b	b'	b	b'	b	b'	b	b'	b	b'	b	b'	b	b'
24	19	7	19	7	–	–	–	–	–	–	17	10	–	–
26	20	7	20	7	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
28	22	7	22	7	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
30	23	7	23	7	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

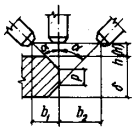
Продолжение табл. 10

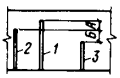
Толщина, мм	$\alpha = 40^\circ$						$\alpha = 50^\circ$	
	$P=2$		$P=4$		$P=6$		$P=2$	
	b	b'	b	b'	b	b'	b	b'
8	15	11	13	13	–	–	21	16
10	16	11	15	13	–	–	23	16
12	18	11	16	13	–	–	26	16
14	19	11	18	13	16	14	28	16
16	21	11	19	13	19	14	31	16
18	23	11	21	13	20	14	33	16
20	25	11	23	13	21	14	35	16
22	–	–	–	–	–	–	38	16
24	–	–	–	–	–	–	40	16
26	–	–	–	–	–	–	–	–
28	–	–	–	–	–	–	–	–
30	–	–	–	–	–	–	–	–

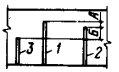
Пояснения к эскизам:

δ – толщина проката, мм; α – угол скоса, град; P – притупление, мм; $h = 11,5$ мм – расстояние от резака до поверхности детали; $A = 25$ мм – расстояние между режущими струями; b, b' – расстояния между резаками, мм.

Таблица 11







Толщина, мм	α = 20°		α = 22°		α = 25°			
	P=2		P=1,5		P=1,5		P=2	
	b_1	b_2	b_1	b_2	b_1	b_2	b_1	b_2
20	8	8	8	8	10	11	–	–
22	8	9	8	8	10	11	–	–
24	8	9	8	9	11	12	–	–
26	9	9	9	9	11	12	–	–
28	9	10	9	9	12	13	–	–
30	9	10	9	10	12	13	–	–
32	10	10	10	10	13	14	–	–
34	10	11	10	10	13	14	–	–
36	10	11	10	11	13	14	–	–
38	11	11	11	11	14	15	–	–
40	11	12	11	11	14	15	14	15
42	11	12	11	12	15	16	15	16
44	12	13	12	12	15	16	15	16
46	12	13	12	12	16	17	16	17
48	12	13	12	13	16	17	16	17
50	13	14	–	–	–	–	16	17
52	13	14	–	–	–	–	17	18
54	14	14	–	–	–	–	17	18
56	14	15	–	–	–	–	18	19
58	14	15	–	–	–	–	18	19
60	15	15	–	–	–	–	19	20

Продолжение табл.11

Толщина, мм	α = 30°				α = 45°		α = 50°					
	P=2		P=6		P=6		P=1,5		P=2		P=4	
	b_1	b_2	b_1	b_2	b_1	b_2	b_1	b_2	b_1	b_2	b_1	b_2
20	–	–	11	14	18	24	25	26	25	26	24	25
22	–	–	11	15	18	25	26	27	26	28	25	30
24	13	14	12	15	20	26	27	28	28	29	26	31

Продолжение табл.11

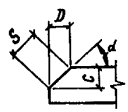
Толщина, мм	$\alpha = 30^0$				$\alpha = 45^0$		$\alpha = 50^0$					
	$P = 2$		$P = 6$		$P = 6$		$P = 1,5$		$P = 2$		$P = 4$	
	B	B'	B	B'	B	B'	B	B'	B	B'	B	B'
26	14	15	12	16	21	27	28	29	29	30	28	32
28	15	16	13	16	22	28	29	30	30	31	29	33
30	15	16	13	17	23	29	30	31	31	32	30	35
32	16	17	14	17	–	–	31	32	32	34	31	36
34	16	17	15	18	–	–	32	33	34	35	32	37
36	17	18	15	19	–	–	33	34	35	36	33	38
38	–	–	15	19	–	–	35	35	36	36	35	39
40	–	–	16	20	–	–	35	36	36	37	36	40
42	–	–	17	20	–	–	–	–	–	–	–	–
44	–	–	17	21	–	–	–	–	–	–	–	–
46	–	–	18	22	–	–	–	–	–	–	–	–
48	–	–	19	22	–	–	–	–	–	–	–	–
50	–	–	19	23	–	–	–	–	–	–	–	–
52	–	–	20	23	–	–	–	–	–	–	–	–
54	–	–	20	24	–	–	–	–	–	–	–	–
56	–	–	21	24	–	–	–	–	–	–	–	–
58	–	–	21	25	–	–	–	–	–	–	–	–
60	–	–	22	25	–	–	–	–	–	–	–	–

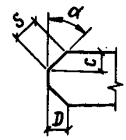
Пояснения к эскизам: δ – толщина проката, мм; α – угол скоса, град; P – притупление, мм; h = 11,5 мм – расстояние от резака до поверхности детали; A = 15 мм, $Б$ = 20 мм – расстояния между режущими струями; b_1, b_2 – расстояния между резаками, мм.

стационарных машинах одновременно двумя или несколькими резаками;

при роспуске листов на полосы с помощью переносных машин, т.е. одним резаком, а также при вырезке крупных деталей следует оставлять перемычки длиной не менее 15 мм. Расстояние между перемычками должно составлять: при ширине полос или деталей до 100 мм – около 300 мм, при ширине до 200 мм – около 1000 мм, до 300 мм – около 1500 мм, свыше 300 мм – около 2500 мм;

Таблица 12





Глубина скоса C, мм	Угол скоса α град															
	20		22		25		30		40		45		50			
	S	D	S	D	S	D	S	D	S	D	S	D	S	D		
10	10	3	10	3	11	5	12	6	13	9	14	10	16	12		
12	13	4	13	4	13	5	14	7	16	10	17	12	19	14		
14	15	5	15	5	15	6	16	8	18	12	21	15	22	17		
16	17	6	17	6	18	7	18	9	21	13	23	16	25	19		
18	19	6	19	7	20	8	21	10	23	15	26	18	28	22		
20	21	7	22	8	22	9	23	12	26	19	29	20	31	24		
22	23	7	23	9	24	10	25	13	29	19	31	22	34	26		
24	25	8	25	9	26	11	28	14	31	20	34	24	37	29		
26	28	8	29	11	28	12	30	16	34	22	37	26	40	31		
28	30	9	31	11	31	13	32	16	36	24	40	28	44	33		
30	32	10	32	12	33	14	35	17	39	24	43	30	47	36		
32	34	11	34	13	35	15	37	18	42	27	46	32	50	38		
34	36	12	36	13	37	16	39	20	44	29	48	24	53	40		
36	38	13	39	14	40	17	42	21	47	30	52	36	55	43		
38	40	14	40	15	42	18	44	22	49	32	54	38	60	45		
40	43	15	43	16	44	18	46	23	52	34	57	40	62	48		
42	45	15	46	17	46	19	48	24	54	35	60	42	65	50		
44	47	16	48	17	48	20	51	26	57	37	63	44	69	52		
46	49	17	50	19	51	21	53	27	60	39	66	46	72	55		
48	51	17	52	19	53	22	55	28	62	40	69	48	75	57		
50	53	18	53	20	55	22	57	29	65	42	72	50	78	60		

при вырезке фигурных деталей необходимо вырезать в первую очередь детали, к которым предъявляются более высокие требования по точности;

Таблица 13

Параметры режима пакетной резки кислородом низкого давления	Параметры режима при суммарной толщине пакета, мм				
	до 40	40–80	80–140	140–240	240–340
Диаметр режущего сопла, мм	1,7	2,5	3,7	5	6
Номер режущего сопла	2	3	5	6	7
Давление режущего кислорода, МПа	0,09–0,15				
Скорость резки, мм/мин	160–200	130–160	130–160	120–140	120–140

Таблица 14

Толщина разрезаемой стали, мм	Скорость резки, мм/мин, при токе, А		
	200	300	400
10	2400	3900	4800
20	1100	1800	2200
30	600	1000	1200
40	400	600	900
50	300	400	500
60	200	300	400
70	120	200	300
80	120	120	200

не следует до окончания резки размыкать контур отхода при вырезке из одного листа деталей, различных по размерам;

отверстия (окна) в деталях необходимо вырезать до вырезки наружного контура;

резку листа толщиной до 16 мм следует выполнять, отступив от края листа на 70–100 мм; оставленную перемычку разрезать после окончания резки.

2.18. Допускаемые отклонения линейных размеров деталей, изготовляемых с использованием термической резки, должны соответствовать требованиям главы СНиП III-18-75.

Механическая резка проката

2.19. Механическую резку проката на заводах металлоконструкций выполняют на ножницах гильотинных, уголковых, профильных и на пильных отрезных станках.

2.20. Гильотинные ножницы предназначены для резки листового проката толщиной до 25 мм, уголковые – для резки угловой стали размером до 250х250х28 мм, профильные – для резки швеллеров и двутавровых балок до № 40.

Для резки профильного проката и деталей таврового, балочного и коробчатого сечений применяют отрезные станки с горизонтальной и вертикальной подачей пильного диска.

Резку тонкостенных профилей выполняют на отрезных станках с ленточной пилой.

2.21. Технические характеристики применяемого оборудования для механической резки приведены в табл.15–17.

Таблица 15

Параметры	Кривошипные ножницы					Гидравлические ножницы	
	Н3223	Н482	Н3225	Erfurt	NTH	3100 А12	СС3050х х30
Максимальная толщина разрезаемого листа, мм	20	25	32	16	40	12	30

Продолжение табл.15

Параметры	Кривошипные ножницы					Гидравлические ножницы	
	Н3223	Н482	Н3225	Erfurt	NTH	3100А12	СС3050х х30
Ход ножа, мм	175	210	210	—	—	—	—
Число ходов ножа в 1 мин	30	20	22	32	8	16 и 64	-
Максимальная ширина разрезаемого листа, мм	3200	1000	3200	3250	3000	3100	3050
Расстояние между стойками, мм	3280	3275	3275	3250	3600	-	-
Мощность электродвигателя, кВт	30	40	45	32	120	22	59
Габаритные размеры, мм	5100х х2800х х2820	5285х х4300х х2850	5180х х2930х х3030	4500х х4300х х2500	5600х х4400х х4500	3450х х2120х х1810	4335х х2815х х3370
Масса, кг	35000	37900	42800	24000	102000	10500	36000
Изготовитель	Азовский завод кузнечно-прессового оборудования			ГДР	ЧССР	"Promecam" (Франция)	

Таблица 16

Параметры	Модели комбинированных пресс-ножниц				
	НБ5223	НБ522	НБ5225	ВМ/25	500/20
Максимальная толщина разрезаемого листа при $\sigma_в$ = 450 МПа	20	32	32	25	20
Максимальная толщина и ширина отрезаемой полосы, мм	25x150	40x180	40x180	28x160	20x120
Диаметр круга, мм	56	75	75	-	50
Сторона квадрата, мм	-	65	65	55	45
Габаритные размеры равнобокого уголка при резке к продольной оси, мм:					
под углом 90°	12x140	20x200	20x200	18x150	13x120
под углом 45°	12x100	16x150	16x160	-	11x90
Габаритные размеры:					
равнобокого уголка под	12x140	20x200	20x200	-	-

Продолжение табл. 16

Параметры	Модели комбинированных пресс-ножниц				
	НБ5223	НБ522	НБ5225	ВМ/25	500/20
углом 90° двутавра и швеллера при резке специальными ножами, мм	22	33	33	30	–
Длина ножей листовых ножниц, мм	–	500	500	350	300
Диаметр отверстия, пробиваемого в листе, мм	34	42/36	42	35/30	30/25
Число ходов ножа в 1 мин	50	28	28	26	30
Мощность электродвигателя, кВт	6,8	14	14,5	9,0	5,5
Габаритные размеры, мм:					
высота	2080	2640	2840	2900	2250
длина	1145	863	1260	1535	1100
ширина	2530	3200	3245	2900	1800
Масса, кг	4340	9850	9725	5500	4450
Изготовитель	Завод механических прессов, г. Кувандык			ГДР	ЧССР

2.22. В табл. 18 приведен рекомендуемый материал режущего инструмента.

2.23. При гильотинной резке листов необходимо обеспечивать правильную величину зазора между ножами и угол створа ножей (табл. 19).

Таблица 17

Параметры	Станки			
	ленточная	отрезные	круглопильные	
	пила 86545	8Г662	8Г67	8А68
Диаметр пильного диска, мм	–	710	1010	1430
Ширина пильного диска, мм	–	6,5	8	10,5
Наибольшая ширина пропила, мм	–	6,5	8	10,5
Наибольшие размеры разрезаемого материала:				
круглого (диаметр), мм	500	240	350	500
квадратного (сторона), мм	500	220	300	350
швеллера (номер профиля, или ширина полки на высоту)	40	30	40	40
двутаврового (номер профиля, или ширина полки на высоту)	60	30	60	60
Количество скоростей шпинделя	–	6	6	6
Число оборотов шпинделя, об/мин	–	3,3–25,5	2,2–20,3	1,5–14
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	1,5	7,5	10	14

Продолжение табл. 17

Параметры	Станки			
	ленточная пила 86545	отрезные круглопильные		
		8Г662	8Г67	8А68
Габариты станка, мм:				
длина	3325	2570	3110	3760
ширина	3030	1600	1575	1815
высота	2150	1725	2155	2340
Масса, кг	4300	3980	6850	10500
Количество скоростей резания	–	6	6	6
Скорость резания, м/мин	10–100	7,4–57	7–64,4	6,75–63
Подача пильной бабки (бесступенчатая), мм/мин	–	12–500	12–450	12–400
Скорость быстрого подвода пильной бабки, мм/мин	–	2000	2750	1200
Скорость обратного хода пильной бабки, мм/мин	–	3500	3000	1800
Наибольшая длина хода бабки пильного диска или пильной рамы, мм	–	300	400	550
Диаметр шпинделей под круглую пилу, мм	–	80	120	150

Таблица 18

Класс прочности стали	Материал инструмента при резке	
	ножницами	пилами
С44/29–С60/45	Х12М, 5ХВ2С, 4ХВ2С	Р18
С70/60–С85/75	Х12Ф1, ХГ3СВФМ, 7ФГ2ВМФ	Р18

Таблица 19

Толщина листов, мм	Величина зазора, мм	Величина угла створа, град
До 4	0,125	1,2
5–10	0,25–0,3	1,4
12–25	0,5–0,6	1,4–1,5
26–40	0,8–1,2	3–5

2.24. Усилие резания на пресс-ножницах определяют по формуле

$$P = m_1 \sigma_в F, \qquad (1)$$

где m_1 – коэффициент, зависящий от состояния режущих кромок ножей и зазора между ними, от пластичности металла; с уменьшением пластичности металла и зазора между ножами коэффициент возрастает; величину m_1 принимают 1,1–1,25; $\sigma_в$ – временное сопротивление стали срезу, МПа; F – площадь разрезаемого проката, мм^2.

При резке гильотинными ножницами площадь среза зависит от толщины проката и угла наклона ножа и равна $\frac{\delta^2}{2tg\varphi}$.

2.25. Усилие резания на гильотинных ножницах определяют по формуле

$$P = \frac{m_2 \delta^2 \sigma_в}{tg\varphi}, \qquad (2)$$

где m_2 – коэффициент, учитывающий те же факторы, что и m_1 в формуле (2), равный 0,6–0,55; δ – толщина листа, мм; φ – угол наклона верхнего ножа по отношению к нижнему.

Таблица 20

Класс стали	Угол разрезания, град	Усилие резания P, т, при толщине листа, мм										
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
С60/45	1	45,9	71,4	102	138	175	218	264	311	362	417	472
	2	25,5	40,8	59,5	80	102	126	153	180	211	241	274
	3	18,7	30,3	42,5	57,8	73,1	91,7	111	131	153	175	199
	4	15,1	24,1	34	45,9	59,5	73,1	88,3	104	121	139	158
	5	12,8	20,1	28,7	39,1	49,3	61,2	73,1	86,6	102	117,2	132,6
	6	11,1	17,4	24,8	32,8	42,5	52,6	64,6	74,8	88,3	100	115,6
	7	9,7	15,5	22,1	29,6	37,4	45,9	56,1	66,3	78,2	88,3	102
С85/75	1	75,6	117,5	168	226	289	359	434	512	596	686	778
	2	42	67,2	98	131,5	168	207	252	297	347	398	451
	3	30,8	49,9	70	95,1	120	151	182	215	252	289	329
	4	24,9	39,8	56	75,6	98	120	145,5	170,8	198	230	280
	5	21	33,1	47,4	64,4	81	101	120	143	168	193	218
	6	18,2	28,6	40,9	54	70	86,8	106,3	123	145	165	190
	7	16	25,2	36,4	48,8	61,6	75,6	92,4	109	129	145,5	162

Таблица 21

Диаметр пилы D, мм / Число зубьев	Диаметр или высота пропила, мм, до	Подача на один зуб пилы S_z, мм/зуб, до: 0,05 — скорость резания V, м/мин	0,05 — число оборотов в 1 мин, n	0,05 — подача, мм/мин, $S_м$	0,07 — скорость резания V, м/мин	0,07 — число оборотов в 1 мин, n	0,07 — подача, мм/мин, $S_м$	0,1 — скорость резания V, м/мин	0,1 — число оборотов в 1 мин, n	0,1 — подача, мм/мин, $S_м$	0,13 — скорость резания V, м/мин	0,13 — число оборотов в 1 мин, n	0,13 — подача, мм/мин, $S_м$
Сталь классов С44/29–С46/33													
510	25	46,58	29,04	81,07	42,95	26,62	113,74	40,53	25,41	152,46	38,72	24,2	198,44
72	50	41,14	25,41	72,6	37,51	22,99	99,22	36,3	22,99	137,94	33,88	21,78	174,24
(Стойкость	75	34,48	21,78	60,5	31,46	19,36	83,49	29,64	18,15	112,53	28,43	18,15	46,41
750 мин)	100	34,46	19,36	55,66	29,04	18,15	77,44	27,22	16,94	102,85	25,41	15,73	129,47
	125	29,04	18,15	50,82	26,62	16,69	71,39	24,8	15,63	93,17	23,59	14,76	121
	150	27,02	16,94	47,19	24,80	15,48	65,34	23,59	14,76	89,54	22,14	–	–
	175	26,01	16,21	45,98	24,2	15,12	64,13	22,26	13,91	84,7	21,17	–	–
710	50	41,14	18,51	68,98	37,51	16,92	95,59	35,09	15,73	127,05	33,27	14,88	163,35
96	75	34,48	15,73	58,08	31,46	14,15	79,86	29,64	13,31	107,69	27,83	12,46	136,73
(Стойкость	100	30,85	13,79	52,08	28,43	12,7	71,39	26,62	12,1	96,8	25,41	11,37	124,63
960 мин)	150	26,62	12,10	44,77	24,8	11,13	62,92	23,23	10,4	83,49	22,02	9,92	108,9
	200	24,8	11,13	41,14	22,62	10,16	58,08	21,17	9,55	76,23	19,84	8,95	96,8
	250	23,23	10,40	38,72	20,57	9,19	52,03	19,96	8,95	72,6	–	–	–
1010	75	33,88	10,76	49,61	31,46	9,92	70,18	29,04	9,2	93,17	27,83	8,71	119,79
120	100	30,85	9,68	45,98	28,43	9,07	64,13	26,62	8,47	84,7	25,41	7,86	107,69
(Стойкость	150	26,62	9,47	36,73	24,4	7,62	54,45	22,62	7,13	72,6	21	6,65	91,96
1200 мин)	200	24,20	7,62	36,3	22,46	7,01	49,61	20,57	6,53	65,34	19,36	6,05	83,49
	250	22,86	7,26	33,88	21,05	6,65	47,19	19,6	6,17	61,71	18,39	5,8	79,86
	300	21,53	6,77	31,46	19,84	6,29	44,47	18,39	5,8	58,08	17,3	5,44	75,02
	350	20,44	6,41	27,83	18,87	5,92	42,35	17,54	5,56	55,66	–	–	–
Сталь классов С52/40 – С60/45													
510	25	43,7	27,6	77,05	40,83	25,3	108,1	38,53	24,15	144,9	36,8	23	188,6
72	50	39,1	24,15	69	35,65	24,43	94,3	34,5	21,85	131,1	32,2	20,7	165,6
(Стойкость	75	32,75	20,7	57,5	29,9	18,4	79,35	38,18	17,25	106,95	27,03	17,25	139,15
750 мин)	100	29,9	18,4	52,9	27,6	17,25	73,6	25,88	16,1	97,75	24,13	14,95	123,05
	125	27,6	17,25	48,3	25,3	15,87	67,85	23,56	14,95	88,55	22,43	14,03	115
	150	25,86	16,1	44,85	23,58	14,72	62,1	22,43	14,03	85,1	21,05		
	175	24,73	15,41	43,7	23	14,38	60,93	21,39	13,23	80,5	20,13		
710	50	39,1	17,6	65,55	35,63	16,1	90,83	33,35	14,95	120,75	21,63	14,14	155,23
96	75	32,78	14,95	55,2	29,9	13,46	7,59	28,18	12,65	102,35	26,45	11,85	129,93
(Стойкость	100	29,33	13,11	49,45	27,03	12,08	67,83	25,3	11,5	92,	24,14	10,81	118,45
960 мин)	150	25,3	11,5	42,55	23,56	10,58	69,8	22,08	9,89	79,35	20,93	9,43	103,5
	200	23,58	10,58	39,1	21,51	9,66	55,2	20,13	9,09	72,45	18,86	8,51	92
	250	22,08	9,89	36,8	19,53	8,74	49,43	18,98	8,51	69	–	–	–

Продолжение табл. 21

Диаметр пилы D, мм Число зубьев	Диаметр или высота пропила, мм, до	Подача на один зуб пилы S_z, мм/зуб, до 0,05			0,07			0,1			0,13		
		скорость резания V, м/мин	число оборотов в 1 мин, n	подача, мм/мин, $S_м$	скорость резания V, мм/мин	число оборотов в 1 мин, n	подача, мм/мин, $S_м$	скорость резания V, м/мин	число оборотов в 1 мин, n	подача, мм/мин, $S_м$	скорость резания V, м/мин	число оборотов в 1 мин, n	подача, мм/мин, $S_м$
1010	75	32,2	10,24	47,15	29,9	9,43	66,7	27,6	8,74	88,55	26,43	8,28	113,85
120	100	29,33	9,20	43,7	27,03	8,63	60,95	25,3	8,05	80,5	24,15	7,48	102,35
(Стойкость	150	25,3	8,04	37,95	23	7,25	51,75	21,51	6,78	69	20,24	6,33	87,4
1200 мин)	200	23	7,25	34,5	21,16	6,67	47,15	19,53	6,21	62,1	18,4	5,75	79,35
	250	21,74	6,90	32,2	20,01	6,33	44,85	18,63	5,87	58,65	17,48	5,52	75,9
	300	20,47	6,44	29,9	18,86	5,98	42,55	17,48	5,52	55,2	16,45	5,17	71,3
	350	19,44	6,09	26,45	17,94	5,64	40,23	16,68	5,29	52,9	–	–	–
		Сталь класса С70/60											
510	25	38,5	24	67	35,5	22	94	33,5	21	126	32	20	164
72	50	34	21	60	31	19	82	30	19	114	28	18	144
(Стойкость	75	28,5	18	50	26	16	69	24,5	15	93	23,5	15	121
750 мин)	100	26	16	46	24	15	64	22,5	14	85	21	13	107
	125	24	15	42	22	13,8	59	20,5	13	77	19,5	12,2	100
	150	22,5	14	39	20,5	12,8	54	19,5	12,2	74	18,3	–	–
	175	21,5	13,4	38	20	12,5	53	18,4	11,5	70	17,5	–	–
710	50	34	15,3	57	31	14	79	29	13	105	27,5	12,3	135
96	75	28,5	13	48	26	11,7	66	24,5	11	89	23	10,3	113
(Стойкость	100	25,5	11,4	43	23,5	10,5	59	22	10	80	21	9,4	103
960 мин)	150	22	10	37	20,5	9,2	52	19,2	8,6	69	18,2	8,2	90
	200	20	9,2	34	18,7	8,4	48	17,5	7,9	63	16,4	7,4	80
	250	19,2	8,6	32	17	7,6	43	16,5	7,4	60	–	–	–
1010	75	28	8,3	41	26	8,2	58	24	7,6	77	13	7,2	99
120	100	25,5	8	38	23,5	7,5	53	22	7	70	21	6,5	89
(Стойкость	150	22	7	33	20	6,3	45	18,7	5,9	60	17,6	5,5	76
1200 мин)	200	20	6,3	30	18,4	6,8	41	17	5,4	54	16	5	69
	250	18,9	6	28	17,4	5,5	39	16,2	5,1	51	15,2	4,8	66
	300	17,8	6,6	26	16,4	5,2	37	15,2	4,8	48	14,3	4,5	62
	350	16,9	5,3	23	15,6	4,9	35	14,5	4,6	46	–	–	–
		Сталь класса С85/75											
510	25	33,11	20,64	57,62	30,53	18,92	80,84	28,81	18,06	108,36	27,52	17,2	141,04
72	50	25,14	18,06	51,6	26,66	15,2	70,52	25,8	16,34	98,04	24,08	15,48	123,84
(Стойкость	75	24,51	15,48	43	22,36	13,76	59,34	21,07	12,9	79,98	20,21	12,9	104,06
750 мин)	100	22,36	13,76	39,56	20,64	12,9	55,04	19,35	12,04	73,1	18,06	11,18	92,02
	125	20,64	12,9	36,12	18,98	11,87	50,74	17,63	11,18	66,22	16,77	10,49	86
	150	19,35	12,04	33,54	17,63	11,01	46,44	16,77	10,49	63,64	15,74	–	–
	175	18,49	11,52	32,68	17,2	10,75	45,58	15,99	9,89	60,2	15,05	–	–

Продолжение табл. 21

Диаметр пилы P, мм / Число зубьев	Диаметр или высота пропила мм, до	Подача на один зуб пилы S_z, мм/зуб, по 0,05: скорость резания V, м/мин	0,05: число оборотов в 1 мин, n	0,05: подача, мм/мин, $S_м$	0,07: скорость резания V, м/мин	0,07: число оборотов в 1 мин, n	0,07: подача, мм/мин, $S_м$	0,1: скорость резания V, м/мин	0,1: число оборотов в 1 мин, n	0,1: подача, мм/мин, $S_м$	0,13: скорость резания V, м/мин	0,13: число оборотов в 1 мин, n	0,13: подача, мм/мин, $S_м$
710	50	29,24	13,16	49,02	26,66	12,04	67,94	24,94	11,18	90,3	83,65	40,58	116,1
96	75	24,51	11,18	41,98	20,8	10,06	56,76	21,07	9,46	76,54	19,78	8,86	97,18
(Стойкость	100	21,93	9,8	38,7	23,5	9,03	59,74	18,94	8,8	68,8	18,06	8,08	88,58
960 мин)	150	18,92	8,6	31,82	17,63	7,91	44,72	16,51	7,65	59,34	15,63	7,05	77,4
	200	17,63	7,91	29,24	16,08	7,22	41,28	15,05	6,79	54,13	14,1	6,36	68,8
	250	16,5	7,39	27,52	14,62	6,54	36,98	14,19	6,36	41,6	–	–	–
1010	75	24,08	7,65	35,26	22,36	7,05	49,88	20,64	6,54	66,22	19,78	6,19	85,14
120	100	21,93	6,88	32,68	19,5	6,45	45,58	18,92	6,02	50,2	18,06	5,59	76,54
(Стойкость	150	18,92	6,02	28,38	17,2	5,42	38,7	16,08	5,07	51,6	15,14	4,73	65,36
1200 мин)	200	17,2	5,42	25,8	15,82	4,98	35,26	14,62	4,64	46,44	13,76	4,3	59,34
	250	16,25	5,16	24,08	17,96	4,73	33,54	13,93	4,39	43,86	13,07	4,23	56,76
	300	15,31	4,82	22,36	14,10	4,47	31,82	13,07	4,13	41,28	12,3	3,87	53,32
	350	14,53	4,56	19,78	13,42	4,21	30,1	12,47	3,96	39,56	–	–	–

Примечание. Режимы рассчитаны для резки пилами с крупным зубом. При резке пилами со средним зубом необходимо скорость резания V, число оборотов n умножать на коэффициент K_{zv} или K_{zn} = 0,96; величину подачи $S_м$ – на коэффициент $K_{zsм}$ = 1,44.

При резке пилами с мелким зубом скорость резания V и число оборотов n умножать на коэффициент K_{zv} или K_{zn} = 0,93; величину подачи $S_м$ умножать на коэффициент $K_{zsм}$ = 1,86.

Таблица 22

Классы стали	Передний угол заточки, град	Задний угол заточки, град
С44/29, С46/33, С52/40	20	16
С60/45, С70/60, С85/75	15	16

2.26. В табл. 20 приведены величины усилия резания для сталей различных классов прочности.

2.27. При резке на фрезерно-отрезных станках скорость резки, подачу и число оборотов пилы следует устанавливать в зависимости от класса разрезаемой стали, размеров пропила и габаритов пилы.

Режимы резания приведены в табл. 21.

Режимы рассчитаны для резки сегментными пилами.

2.28. Величины переднего и заднего углов заточки пилы следует применять в соответствии с табл. 22.

Правка листового проката

2.29. По конструктивным особенностям валковые листоправильные машины делятся на три основные группы: с параллельными рядами правильных валков; с наклонными рядами правильных валков; со смешанным расположением правильных валков

2.30. Классификация валковых листоправильных машин по способу регулировки правильных валков и опорных роликов представлена в табл. 23. Опорные ролики показаны (условно) большего диаметра, чем правильные валки.

При большой длине валков листоправильные машины снабжаются опорными роликами, которые относительно правильных валков располагаются попарно, в шахматном порядке или смешанно. По длине валка опорные ролики устраиваются в несколько рядов.

2.31. По геометрическим параметрам существующие листоправильные валковые машины оптимизированы и могут применяться для правки сталей повышенной и

высокой прочности. Некоторые типы наиболее мощных листоправильных машин с параллельными рядами валков приведены в табл. 24.

2.32. Для получения хорошего качества выправления листов необходимо знать сближение валков машины, определяемое в виде расстояния a (рис. 3). Характер настройки зависит от типа машины, неровностей листов, прочности материала и его толщины. Для машин первой группы величина настройки будет равна:

$a = D + \delta - h$ (3), где $h \geq 2\rho - \sqrt{4\rho^2 - \frac{t^2}{4}}$ (4) – величина возможного опускания вниз валков от уровня качания листа правильными валками; ρ – радиус изгиба под нагрузкой определяется из формулы (9).

2.33. Порядок 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 контактных напряжений между валками и заготовкой;

определение минимальной толщины листа из условия геометрии машины (возможность развития необходимых упруго-пластических деформаций для выправления деформированного листа).

2.34. Максимальная толщина (ширина) листа может быть определена из условий предельных изгибающих моментов, создаваемых в листе, и обеспечения конструктивной прочности основных органов машины с учетом промежуточных опор (рис. 4):

$$\text{а)}\quad \delta_{макс} = \delta_0 \sqrt{\frac{m_0 \sigma_T^2 b_0}{m \sigma_T b}} N, \qquad (5)$$

где значение коэффициентов m и m_0, зависящих от толщины. радиуса изгиба в машине и предела текучести материала заготовки по паспорту, приведено в табл. 28. Показатель K в этом случае определяется исходя из размеров максимальной заготовки, указанной в паспорте машины;

$$K_0 = \frac{\sigma_T \rho_0}{E \delta_0}, \qquad (6)$$

где

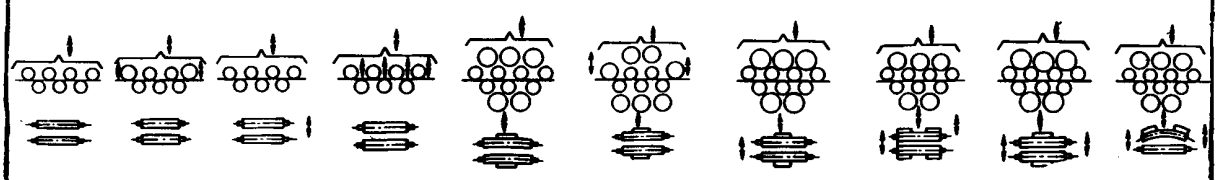
$$\rho_0 = \frac{t^2 + 4h_0^2}{16 h_0}, \qquad (7)$$

здесь h_0 – величина возможного опускания вниз

Таблица 23

<table>
<tr><td colspan="10">Типы листоправи́льных машин</td></tr>
<tr><td colspan="4">без опорных роликов</td><td colspan="6">с опорными роликами</td></tr>
<tr><td colspan="10">Регулировка правильных (рабочих) валков</td></tr>
<tr><td colspan="2">одинарная (только по высоте)</td><td colspan="2">двойная (по высоте и с наклоном в продольном направлении)</td><td colspan="2">одинарная (только по высоте)</td><td colspan="2">двойная (по высоте и с наклоном в продольном направлении)</td><td colspan="2">тройная (по высоте и с наклоном в продольном и поперечном направлениях)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">общая</td><td rowspan="2">общая с индивидуальной регулировкой направляющих валков</td><td rowspan="2">общая</td><td rowspan="2">общая и индивидуальная</td><td>общая</td><td>общая с индивидуальной регулировкой направляющих валков</td><td colspan="2" rowspan="2">общая</td><td colspan="2" rowspan="2">общая</td></tr>
<tr><td colspan="2">Регулировка секций опорных роликов</td></tr>
<tr><td>общая</td><td>общая</td><td>общая</td><td>индивидуальная</td><td>общая</td><td>индивидуальная</td></tr>
</table>

Принципиальная схема регулировки правильных и опорных роликов
(↕ – направление регулировки)



<table>
<tr><td colspan="10">Типы листоправильных машин по классификации</td></tr>
<tr><td>М-1</td><td>М-2</td><td>М-3</td><td>М-4</td><td>МО-1</td><td>МО-2</td><td>МО-3</td><td>МО-4</td><td>МО-5</td><td>МО-6</td></tr>
</table>

Таблица 24

Техническая характеристика	Модель или тип машины														
	"Веппи" (Англия)		"Эгард Земмер" (ФРГ)	"Фудзи Шари" (Япония)	UBRK (ГДР)				XZM (ЧССР)	СКМЗ* (СССР)	НКМЗ* (СССР)				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Тип машины	М-1	МО-2	МО-2	МО-2	МО-2	МО-2	МО-2	МО-2	МО-2	МО-2	МО-2	МО-2	МО-2	МО-2	МО-2
Максимальная ширина листа, мм	3100	2438	3500	3200	3200	3200	3200	4500	3000	2500	2500	3450	2650	3500	4500
Максимальная толщина листа, мм	26	25,4	36	8–40	25	32	40	50	40	32	25	30	35	50	50
Временное сопротивление разрыву листа, кгс/мм^2	40	38	42	–	50	50	50	50	45	40	–	80	80	80	50
Предел текучести, кгс/см^2	25	22	25	40	35	35	35	35	28	24	30	50	50	50	35
Скорость правки, м/мин	6,0–12,0	9,14	6–9,6	6–20	12	12	9,0	3,6–12,24	6–10	8,3	8,25	12	–	5–9	4–12
Число правильных валков	7	7	7	11	7	7	7	9	7	7	7	7	9	9	7
Число ведомых (приводных) валков	3	5	5	7	5	5	5	7	5	5	5	5	7	7	5
Общее число опорных роликов	–	5	18	22	18	18	18	40	10	6	6	10	14	14	10
из них получают средние наверху и внизу	–	1	4	2	4	4	4	4	2	1	1	2	2	2	2
Диаметр наружных направляющих валков, мм	360	335,3	390	450	320	345	380	–	380	320	320	550	–	640	950

Продолжение табл. 24

Техническая характеристика	Модель или тип машины														
	"Веппи" (Англия)		"Эгард Земмер" (ФРГ)	"Фудзи Шари" (Япония)	UBRK (ГДР)				XZM (ЧССР)	СКМЗ* (СССР)	НКМЗ* (СССР)				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Диаметр правильных валков, мм	400	264,2	310	400	270	290	340	400	320	320	320	500	360	600	800
Диамер опорных роликов, мм	–	264,2	260	400	268	288	334	480	320	270	270 320	500	360	–	–
Шаг правильных валков, мм	440	267	330	440	280	300	350	500	345	380	360	510	370	750	1100
Шаг крайних правильных валков (между направляющим и правильным), мм	440	325	370	440	320	320	405	–	–	380	–	530	–	825	1250
Длина бочка правильных валков, мм	3110	2650	3600	3350	3400	3400	3450	–	3300	2600	2600	3600	2800	–	5000
Длина бочка опорных роликов, мм	–	686	–	600	860	–	390	–	595	–	–	670	–	–	1000
Величина подъема и опускания рабочих валков от нейтральной линии, мм:															
вверх	+140	–	–	+200	–	–	–	–	–	–	–	+130	+130	+190	+200
вниз	–40	–30	–20	–30	–30	–30	–30	–30	–40	–25	–40	–30	–30	–40	–120
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	55	100	105	300	63	110	100	200	210	100	100	–	–	–	–

Продолжение табл. 24

Техническая характеристика	Модель или тип машины														
	"Веппи" (Англия)		"Эгард Земмер" (ФРГ)	"Фудзи Шари" (Япония)	UBRK (ГДР)				XZM (ЧССР)	СКМЗ* (СССР)	НКМЗ* (СССР)				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Предел текучести материала правильных валков, кгс/мм^2		26,4	—	—	50	50	50	—	—	—	—	—	—	—	—
Число роликовых опор по длине правильных валков	0	1	4	2	4	4	4	4	2	1	1	2	2	2	2
Расстояния между осями правильных валков, мм	3475	3000	3900	—	4040	4200	4850	—	3595	2980	—	—	—	4560	6400
Габариты, мм:															
ширина	—	—	—	—	2700	3000	3200	7500	5400	—	4190	6015	4905	16695	24560
длина	—	—	—	—	8923	9800	10800	12330	11000	—	11000	14380	11828	16695	37670
высота (общая)	—	—	—	—	3705	4215	5340	7570	—	—	5560	7650	6368	10245 (с рольгангом)	18213 (с рольгангом)
высота над полом	—	—	—	—	2635	2930	3520	4620	5200	—	—	—	—	7615	9873
Общая масса машины, кг	—	—	—	—	66580	88765	131823	47000	180000	—	118026	424400	211500	1270000 (с рольгангом)	—

* Поставляется по специальному заказу.

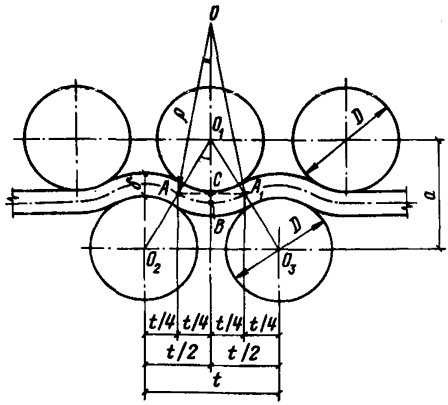


Рис. 3. Схема изгиба листа в листоправильной машине с параллельными рядами валков

валков от уровня касания правильными валками листа толщиной δ_0^1; $K = \frac{\sigma_т \rho}{E\delta}$ – определяется из размеров сгибаемого листа; N – коэффициент, обеспечивающий равнопрочность элементов машины. Значения коэффициента N, зависящего от количества роликовых опор по длине валка и степени сужения заготовки, приведены в табл. 25.

б) $$в_{макс} = \frac{m_0 \sigma_т^0 в_0 \delta_0^{1\,2}}{m \sigma_т \delta^2} N^2. \qquad (8)$$

Определение $в_{макс}$ и $\delta_{макс}$ осуществляется методом последовательных приближений.

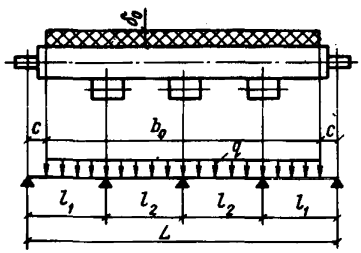


Рис. 4. Расчетная схема правильных валков в зависимости от числа роликовых опор

Таблица 25

Число роликовых опор	Значения N при β/β_0										
	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,05
1	1	0,94	0,88	0,83	0,73	0,75	0,72	0,68	0,65	0,62	0,61
2	1	0,95	0,91	0,87	0,83	0,7	0,57	0,49	0,43	0,38	0,36
3	1	0,95	0,86	0,76	0,56	0,56	0,5	0,38	0,34	0,32	0,31
4	1	0,94	0,84	0,74	0,64	0,55	0,51	0,43	0,3	0,19	0,15

Примечание Значение N для промежуточных отношений β/β_0 могут быть определены линейной интерполяцией.

2.35. Максимальная толщина листа, который можно править на машине с определенной геометрией расположения валков, из условия недопустимости смятия его или валков определяется по формуле

$$\delta_{макс} = 4{,}144 \cdot \sigma^{н} \sqrt{\frac{t D S}{m E \sigma_т (2D - D)}}, \qquad (9)$$

где $\sigma^{н}$ – наименьший предел текучести соприкасающихся материалов (валка или листа).

2.36. Минимальная толщина листа, который можно править на листоправильной машине,

$$\delta_{мин} = \frac{2t^2}{D}\left[0{,}01 + \frac{\sigma_т + E_1(0{,}01 - \frac{\sigma_т}{E})}{E - E_1}\right]. \qquad (10)$$

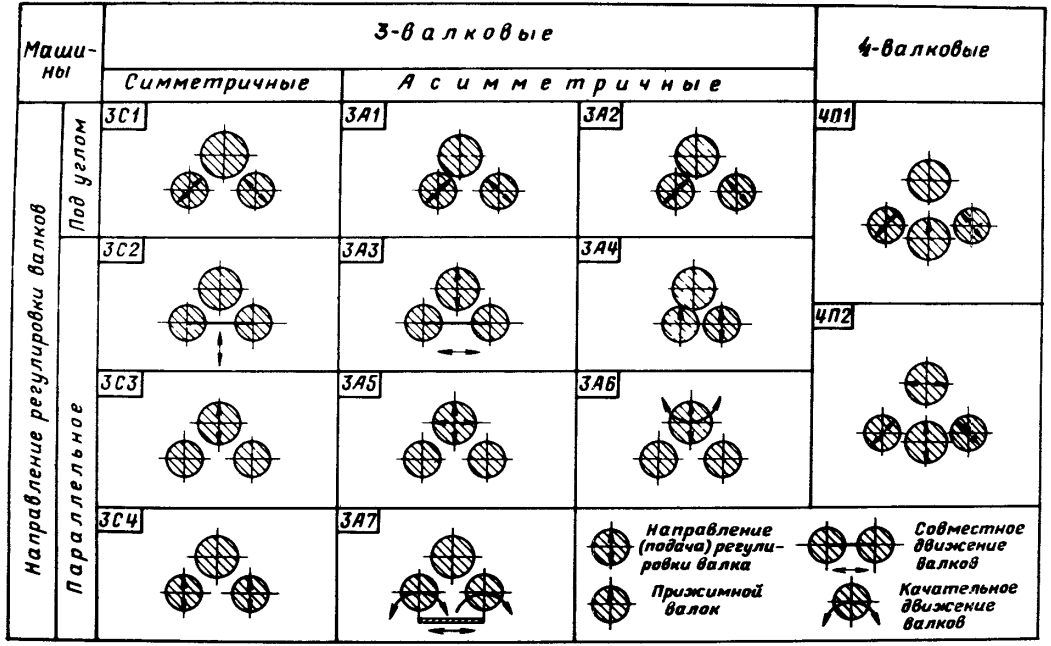
Гибка по радиусу листового проката.

2.37. Для гибки листового металла по радиусу применяются симметричные и асимметричные трехвалковые и четырехвалковые листогибочные машины. Схемы расположения валков представлены в табл. 26.

2.38. В машинах с симметричной схемой расположения валков 3С1–3С4 передний и задний края листа после гибки остаются прямыми на длину, примерно равную половине расстояния между нижними валками. Под-

Таблица 26

Классификация схем расположения валков в листогибочных валковых машинах



гибка листов в этом случае производится предварительно на специальных прессах или подкладных листах.

2.39. В машинах с асимметричной схемой расположения валков 3А1, 3А2, 3А4 можно защемлять лист между верхними и нижними валками, что позволяет произвести почти полную гибку одного края листа. Для подгибки второго края согнутый лист должен быть снят и установлен вновь другой стороной.

2.40. Трехвалковые машины с регулировкой валков по схемам 3А3, 3А5, 3А6, 3А7 обеспечивают гибку листа с подгибкой обеих кромок за одну установку его в машину. В четырехвалковых машинах ЧП1, ЧП2 благодаря наличию четвертого валка возможна гибка листа (с подгибкой обеих кромок) с одной установки его в машину.

2.41. Существующие листогибочные машины могут быть рекомендованы для гибки высокопрочных сталей. Основные типы листогибочных валковых машин приведены в табл. 27. Применяя специальную оснастку на листогибочных машинах, можно изготовлять детали конической, сферической и других форм.

2.42. Для учета пружинения металла (при настройке машин для гибки) необходимо знать радиус изгиба под нагрузкой в машине (ρ), который определяется из формулы (9):

$$R = \frac{\rho}{\left(1 - \frac{E_t}{E}\right)\left(1 - 3K + 4K^3\right)}, \qquad (11)$$

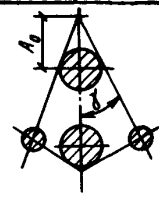
где $K = \frac{\sigma_T \rho}{E \delta}$, (12)

R – радиус готового изделия; E – модуль упрочнения стали.

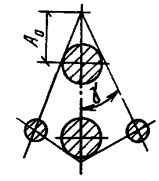
2.43. В табл. 28–33 приведены величины радиуса изгиба (ρ), полученные решением уравнения на ЭВМ при различных значениях предела текучести (σ_T) листового проката.

2.44. Максимальные размеры (ширина или толщина) заготовки для гибки определяются из условий равенства напряжений в валках от сгибаемой заготовки и заготовки, указанной в паспорте машины, жесткости верхнего валка и предельным контактным напряжениям между валками и заготовкой.

Таблица 27

Техническая характеристика	Модель или тип листогибочной валковой машины										
	СКМЗ* 2114Ш	СКМЗ* 3040П	С67П**, РЗТК	ИА 2426, РЗТК	2680П завода „Сиб-литмаш"	СКМЗ* 201П*	СКМЗ* 2479	CLS „Vermnd" (Италия)	ЛГМ, НКМЗ* (СССР)		
	Схемы расположения валков (⟷ регулировка валков)										
											
	четырехвалковые										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Максимальная толщина листа, мм	12	25	25	25	40	25	40	50	40	71	70
Максимальная ширина листа, мм	6300	6300	2500	3150	3150	3200	3500	3000	6000	4000	8000
Предел прочности листа, МПа	450	–	450	–	–	560	600	500	700	–	–
Предел текучести листа, МПа	–	250	–	250	250	–	–	–	400	500	–
Диаметр верхнего валка, мм	385	600	450	500	600	500	600	670	1000	880	780
Диаметр боковых валков, мм	360	480	320	–	480	420	480	500	857	850	590
Диаметр нижнего валка, мм	350	550	400	–	550	450	550	500	1000	880	690
Наименьший радиус изгиба листа, мм	250	–	–	380	480	400	400	400	800	560	920
Скорость гибки, м/мин	8,9	6,75	7,15	7,35	6,8	8	6,5	7,2	3–6	0–10	5,6,9,1, 10,4,171

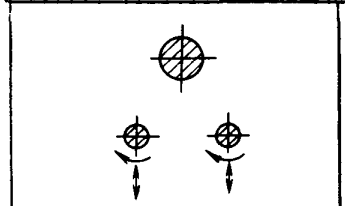
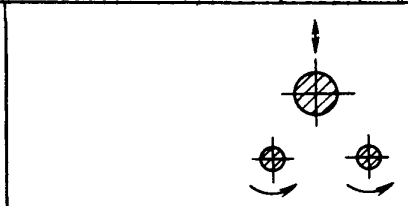
Продолжение табл. 27

Техническая характеристика	Модель или тип листогибочной валковой машины										
	СКМЗ* 2114Ш	СКМЗ* 3040П	С67П[xx], РЗТК	ИА 2426, РЗТК	2680П завода „Сиблитмаш"	СКМЗ* 2011П*	СКМЗ* 2479	CLS „Verinna" (Италия)	ЛГМ, НКМЗ* (СССР)		
	Схемы расположения валков (→ регулировка валков)										
											
	четырехвалковые										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Длина бочка верхнего валка, мм	6440	6400	–	–	–	3260	3600	3080	6100	4200	–
Расчетный пролет верхнего валка, мм	7520	–	–	–	4820	4680	–	4600	–	7220	–
Расчетный пролет боковых валков, мм	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4800	–
Предел текучести материала валков, МПа	–	–	–	–	–	–	–	–	–	700	–
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	45	100	45	123	167	80	125	125	–	640	–
Расстояние А, мм	–	–	–	–	400	480	–	–	–	900	580
Угол j, град	–	–	–	–	–	35	25	–	–	36	36°52
Габариты, мм:											
длина	12590	13545	7696	7650	10570	10769	11595	10120	–	20600	19970
ширина	5290	3620	2345	2430	3900	3900	5000	5583	–	6700	7770
высота над уровнем пола	3320	2415	2015	2370	2540	2463	2635	2620	–	5100	5850
Масса машины, кг	97650	152000	41000	54000	92712	86990	96700	112500	–	819400	–

* Поставляется по специальному заказу.

** В настоящее время не изготовляется.

Продолжение табл. 27

Техническая характеристика	Модель или тип машины									
	И 222	6СТ**, СКМЗ	XZM (ЧССР)		ИВВД (ГДР)	ЛГМ, НКМЗ* (СССР)		"Фундзи Шаре" (Япония)	CLS „Verinna" (Италия)	
	Схема расположения валков (⟷ регулировка валков)									
										
	трехвалковые			трехвалковые						
1	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Максимальная толщина листа, мм	16	25	16	32	36	20	40	80	100	96
Максимальная ширина листа, мм	2000	2500	6000	8000	5000	4000	4000	4500	3500	4000
Предел прочности листа, МПа	–	500	700	400	400	420	420	–	–	–
Предел текучести листа, МПа	250	–	–	220	220	280	280	500	350	350
Диаметр верхнего валка, мм	280	430	460	750	700	360	425	1700	1200	1100
Диаметр боковых валков, мм	240	340	350	580	580	280	360	1400	1100	650
Диаметр нижнего валка, мм	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Наименьший радиус изгиба листа, мм	200	250	300	400	400	250	–	1500	700	1300
Скорость гибки, м/мин	6	5,4	7,3	4	4	4	6,3	1–8	3,6,5,7	–
Расстояние между боковыми валками, мм	350	–	–	900	900	450	–	1950	1350	950

Продолжение табл. 27

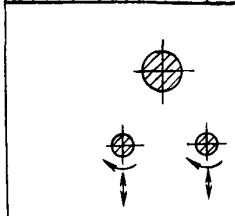
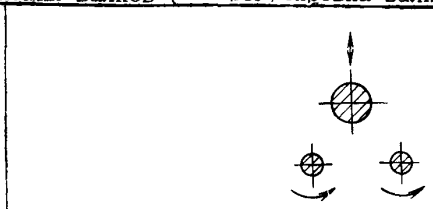
Техническая характеристика	Модель или тип машины								
	И 222	6СТ**, СКМЗ	XZM (ЧССР)	ИВВД (ГДР)	ЛГМ, НКМЗ* (СССР)	"Фундзи Шаре" (Япония)	CLS „Verinna" (Италия)		
	Схема расположения валков (←→ регулировка валков)								
									
	трехвалковые			трехвалковые					
1	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Длина бочка верхнего валка, мм	–	–	–	–	–	4100	–	–	3600	4080
Расчетный пролет верхнего валка, мм	–	–	–	8750	5600	4950	–	7500	6205	5600
Расчетный пролет боковых валков, мм	–	–	–	8750	–	4370	–	5180	4340	–
Предел текучести материала валков, МПа	–	–	–	350	400	360	–	600	700	–
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	17	–	28	75	75	35	2x125	–	300	–
Расстояние А, мм	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Угол j, град	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Габариты, мм:										
длина	4000	6440	10365	17770	–	9300	8300	30430	16220	–
ширина	1840	2585	2036	4800	–	2700	1630	24945	8870	–
высота над уровнем пола	1800	1850	2850	3645	–	2680	1790	8100	7157	–
Масса машины, кг	7000	28000	43500	140000	–	–	32140	2150000	410000	–

Таблица 28

Радиус готового изделия R, мм	Радиус изгиба ρ при $\sigma_т$ = 400 МПа и толщине листа, мм						
	4	6	8	10	12	14	16
100	87	90	92	94	94	95	95
500	293	338	366	386	400	411	420
1000	423	518	586	626	675	707	732
1500	501	635	735	814	878	931	975
2000	555	718	846	950	1036	1109	1171
2500	595	782	933	1058	1164	1254	1333
3000	626	833	1003	1146	1269	1377	1471
3500	652	874	1061	1220	1359	1481	1589
4000	673	909	1110	1284	1436	1572	1693
4500	691	940	1153	1340	1504	1651	1784
5000	707	966	1190	1388	1564	1722	1863
5500	720	909	1223	1431	1617	1786	1939
6000	732	1009	1253	1470	1665	1843	2005
6500	742	1028	1279	1505	1709	1895	2006
7000	753	1045	1304	1537	1749	1943	2122
7500	762	1060	1326	1566	1785	1987	2173
8000	770	1074	1346	1593	1819	2027	2220
8500	777	1087	1365	1618	1850	2065	2264
9000	784	1098	1382	1641	1879	2100	2306
9500	790	1109	1398	1662	1906	2133	2344
10000	796	1120	1413	1682	1932	2163	2380

Продолжение табл. 28

Радиус готового изделия R, мм	Радиус изгиба ρ при $\sigma_т$ = 400 МПа и толщине листа, мм						
	18	20	22	24	25	28	30
100	96	96	97	97	97	97	97
500	427	433	438	442	444	449	452
1000	754	772	787	801	807	823	832
1500	1013	1045	1074	1098	1110	1140	1158
2000	1225	1272	1314	1350	1367	1413	1440

Продолжение табл.28

Радиус готового изделия R, мм	Радиус изгиба ρ при $\sigma_т$ = 400 МПа и толщине листа, мм						
	18	20	22	24	25	28	30
2500	1403	1464	1518	1567	1590	1652	1638
3000	1554	1629	1696	1757	1785	1862	1908
3500	1686	1773	1852	1924	1957	2049	2105
4000	1802	1900	1990	2072	2111	2218	2282
4500	1904	2014	2114	2206	2250	2370	2443
5000	1996	2116	2226	2327	2375	2509	2591
5500	2079	2208	2327	2438	2490	2636	2726
6000	2155	2292	2420	2539	2595	2753	2850
6500	2224	2370	2505	2632	2692	2861	2966
7000	2287	2441	2584	2718	2782	2962	3073
7500	2346	2507	2657	2798	2865	3056	3174
8000	2400	2568	2735	2873	2943	3143	3267
8500	2451	2625	2788	2942	3016	3225	3356
9000	2498	2678	2848	3008	3085	3303	3439
9500	2542	2728	2904	3069	3149	3375	3517
1000	2584	2775	2956	3128	3210	3444	3591

Продолжение табл. 28

Радиус готового изделия R, мм	Радиус изгиба ρ при $\sigma_т$ = 400 МПа и толщине листа, мм						
	32	36	40	50	60	70	80
100	97	97	97	98	98	98	98
500	454	458	461	468	472	475	477
1000	840	854	866	888	903	914	923
1500	1174	1201	1224	1268	1299	1322	1340
2000	1465	1507	1544	1614	1664	1702	1732
2500	1721	1780	1831	1929	2002	2057	2101
3000	1950	2226	2091	2220	2315	2389	2448
3500	2156	2248	2327	2487	2607	2701	2776
4000	2342	2450	2544	2735	2880	2995	3087
4500	2512	2635	2743	2965	3136	3271	3382
5000	2667	2805	2928	3180	3376	3533	3661

Продолжение табл.28

Радиус готового изделия R мм	Радиус изгиба ρ при $\sigma_т$ = 400 МПа и толщине листа, мм						
	32	36	40	50	60	70	80
5500	2810	2963	3099	3381	3601	3781	3928
6000	2942	3109	3258	3570	3816	4016	4181
6500	3064	3245	3407	3747	4018	4239	4423
7000	3178	3372	3546	3914	4210	4452	4655
7500	3285	3491	3677	4072	4392	4655	4876
8000	3385	3603	3800	4222	4535	4849	5088
8500	3479	3709	3917	4364	4729	5034	5292
9000	3568	3808	4027	4499	4887	5211	5487
9500	3652	3903	4132	4628	5037	5381	5675
10000	3731	3992	4231	4751	5181	5544	5855

Таблица 29

Радиус готового изделия R, мм	Радиус изгиба ρ при $\sigma_т$ = 500 МПа и толщине листа, мм						
	4	6	8	10	12	14	16
100	84	87	91	92	93	94	95
500	267	313	344	366	382	395	405
1000	373	465	533	586	627	661	689
1500	435	560	657	735	800	854	901
2000	476	625	746	846	931	1004	1067
2500	507	675	815	933	1035	1123	1202
3000	530	714	869	1003	1119	1222	1314
3500	549	746	914	1067	1190	1306	1410
4000	565	773	952	1110	1251	1378	1492
4500	579	795	985	1153	1304	1440	1565
5000	590	815	1013	1190	1350	1496	1629
5500	600	832	1038	1223	1391	1545	1686
6000	609	848	1061	1253	1428	1589	1738
6500	617	862	1081	1279	1462	1630	1785
7000	624	874	1099	1304	1492	1666	1828
7500	631	885	1115	1326	1520	1700	1868

Продолжение табл.29

Радиус готового изделия R, мм	Радиус изгиба ρ при $\sigma_т$ = 500 МПа и толщине листа, мм						
	4	6	8	10	12	14	16
8000	637	896	1130	1346	1545	1731	1904
8500	642	905	1144	1365	1569	1759	1938
9000	647	914	1157	1382	1591	1786	1969
9500	652	922	1169	1398	1611	1811	1999
10000	656	930	1180	1413	1630	1834	2026

Продолжение табл. 29

Радиус готового изделия R, мм	Радиус изгиба ρ при $\sigma_т$ = 500 МПа и толщине листа, мм						
	18	20	22	24	25	28	30
100	95	95	96	96	96	96	97
500	413	420	426	431	433	439	442
1000	712	732	750	765	772	790	801
1500	940	975	1006	1033	1045	1079	1098
2000	1122	1171	1215	1254	1272	1321	1350
2500	1271	1333	1389	1440	1464	1529	1567
3000	1396	1471	1538	1600	1629	1709	1757
3500	1504	1589	1667	1739	1773	1867	1924
4000	1597	1693	1781	1862	1900	2007	2072
4500	1679	1784	1881	1971	2014	2133	2206
5000	1752	1865	1971	2069	2116	2247	2327
5500	1817	1939	2052	2158	2208	2350	2438
6000	1877	2005	2126	2239	2292	2444	2539
6500	1930	2066	2193	2312	2370	2531	2632
7000	1980	2122	2255	2381	2441	2612	2718
7500	2025	2173	2312	2444	2507	2686	2798
8000	2067	2220	2365	2502	2568	2755	2873
8500	2106	2264	2414	2557	2625	2820	2942
9000	2142	2306	2460	2607	2678	2881	3008
9500	2176	2344	2504	2655	2728	2938	3069
10000	2208	2380	2544	2700	2775	2991	3128

Продолжение табл. 29

Радиус готового изделия R, мм	Радиус изгиба ρ при $\sigma_т$ = 500 МПа и толщине листа, мм						
	32	36	40	50	60	70	80
100	97	97	97	97	98	98	98
500	445	450	454	461	467	470	473
1000	810	827	840	866	884	898	908
1500	1116	1147	1174	1224	1260	1288	1309
2000	1377	1424	1465	1544	1601	1646	1681
2500	1603	1667	1721	1831	1912	1975	2026
3000	1801	1881	1950	2091	2197	2280	2347
3500	1977	2072	2156	2327	2459	2563	2648
4000	2133	2244	2342	2544	2701	2826	2929
4500	2275	2400	2512	2743	2926	3073	3194
5000	2403	2542	2667	2928	3135	3303	3443
5500	2520	2673	2810	3099	3330	3520	3678
6000	2628	2793	2942	3258	3513	3724	3901
6500	2727	2904	3064	3407	3685	3917	4112
7000	2819	3007	3178	3546	3847	4099	4312
7500	2905	3104	3285	3677	4000	4272	4503
8000	2985	3194	3385	3800	4145	4436	4684
8500	3059	3278	3479	3917	4282	4592	4858
9000	3130	3358	3568	4027	4412	4740	5023
9500	3196	3433	3652	4132	4536	4882	5182
10000	3258	3504	3731	4231	4655	5018	5334

Таблица 30

Радиус готового изделия R, мм	Радиус изгиба ρ при $\sigma_т$ = 600 МПа и толщине листа, мм						
	4	6	8	10	12	14	16
100	84	87	89	81	92	93	94
500	245	293	325	348	366	380	391
1000	334	423	490	523	586	621	650
1500	384	501	595	671	735	790	837
2000	418	555	668	764	846	918	981
2500	442	595	724	836	933	1019	1095

Продолжение табл.30

Радиус готового изделия R, мм	Радиус изгиба ρ при $\sigma_т$ =600МПа и толщине листа, мм						
	4	6	8	10	12	14	16
3000	461	626	769	893	1003	1101	1189
3500	746	652	805	940	1061	1170	1269
4000	488	678	835	980	1110	1229	1337
4500	499	691	861	1014	1153	1280	1396
5000	508	707	884	1044	1190	1324	1449
5500	516	720	904	1070	1223	1364	1495
6000	523	732	921	1094	1253	1400	1537
6500	529	743	937	1115	1279	1432	1575
7000	534	753	951	1134	1304	1462	1610
7500	540	762	964	1162	1326	1488	1641
8000	544	770	976	1168	1346	1513	1670
8500	548	777	987	1182	1365	1536	1697
9000	552	784	997	1196	1382	1557	1722
9500	556	790	1007	1209	1398	1577	1746
10000	559	796	1016	1220	1413	1595	1768

Продолжение табл. 30

Радиус готового изделия R, мм	Радиус изгиба ρ при $\sigma_т$ = 600 МПа и толщине листа, мм						
	18	20	22	24	25	28	30
100	94	95	95	95	96	96	96
500	400	408	415	420	423	429	433
1000	695	697	716	732	740	760	772
1500	878	914	947	975	988	1024	1045
2000	1036	1086	1131	1171	1190	1241	1272
2500	1164	1226	1282	1333	1357	1424	1464
3000	1269	1342	1409	1471	1500	1580	1629
3500	1359	1442	1518	1589	1623	1716	1773
4000	1436	1528	1613	1693	1730	1835	1900
4500	1504	1604	1697	1784	1825	1942	2014
5000	1564	1671	1771	1865	1910	2037	2116

Продолжение табл.30

Радиус готового изделия R, Мм	Радиус изгиба ρ при $\sigma_т$ = 600 МПа и толщине листа, мм						
	18	20	22	24	25	28	30
5500	1617	1731	1838	1939	1987	2123	2208
6000	1665	1785	1899	2005	2056	2202	2292
6500	1709	1835	1954	2066	2120	2273	2370
7000	1749	1880	2004	2122	2178	2340	2441
7500	1785	1921	2050	2173	2232	2401	2507
8000	1819	1960	2093	2220	2282	2457	2568
8500	1850	1995	2133	2264	2328	2510	2625
9000	1879	2028	2170	2306	2371	2559	2678
9500	1906	2059	2205	2344	2412	2605	2728
1 0000	1932	2088	2237	2380	2450	2649	2775

Продолжение табл. 30

Радиус готового изделия R, мм	Радиус изгиба ρ при $\sigma_т$ = 600 МПа и толщине листа, мм						
	32	36	40	50	60	70	80
100	96	97	97	97	97	98	98
500	436	442	447	455	461	466	469
1000	782	801	816	845	866	882	894
1500	1065	1098	1127	1183	1224	1255	1280
2000	1300	1350	1394	1480	1544	1593	1632
2500	1501	1567	1625	1742	1831	1900	1956
3000	1674	1757	1829	1977	2091	2181	2254
3500	1826	1924	2010	2188	2327	2439	2531
4000	1961	2072	2172	2380	2544	2677	2788
4500	2081	2206	2318	2550	2743	2898	3027
5000	2190	2327	2451	2715	2928	3103	3251
5500	2289	2438	2573	2863	3099	3295	3461
6000	2379	2539	2685	2999	3258	3474	3658
6500	2461	2632	2788	3127	3407	3642	3844
7000	2537	2718	2884	3245	2546	3801	4020
7500	2608	2798	2973	3356	3677	3950	4186

Продолжение табл. 30

Радиус готового изделия R, мм	Радиус изгиба ρ при $\sigma_т$ = 600 МПа и толщине листа, мм						
	32	36	40	50	60	70	80
8000	2674	2873	3056	3460	3800	4092	4344
8500	2735	2942	3135	3558	3917	4226	4494
9000	2702	3008	3208	3651	4027	4353	4637
9500	2846	3069	3277	3738	4132	4474	4773
10000	2897	3128	3342	3821	4231	4689	4903

Таблица 31

Радиус готового изделия R, мм	Радиус изгиба ρ при $\sigma_т$ = 700 МПа и толщине листа, мм						
	4	6	8	10	12	14	16
100	79	85	88	90	91	92	93
500	227	275	308	332	351	366	378
1000	303	388	354	507	550	586	616
1500	345	455	544	618	681	735	783
2000	272	500	606	697	777	846	908
2500	392	533	653	758	850	933	1007
3000	408	559	690	806	909	1003	1087
3500	420	580	720	845	958	1061	1155
4000	430	597	745	878	999	1110	1212
4500	439	612	766	906	1035	1153	1262
5000	446	624	785	931	1066	1190	1306
5500	452	635	901	953	1093	1223	1345
6000	458	645	815	972	1117	1253	1380
6500	463	654	828	989	1139	1279	1411
7000	468	662	840	1005	1159	1304	1440
7500	472	669	851	1019	1177	1326	1466
8000	475	676	860	1032	1194	1346	1490
8500	479	682	869	1044	1209	1365	1512
9000	482	687	877	1056	1223	1382	1533
9500	485	692	885	1066	1236	1398	1552
10000	488	697	892	1075	1249	1413	1570

Продолжение табл. 31

Радиус готового изделия R, мм	Радиус изгиба ρ при $\sigma_т$ = 700 МПа и толщине листа, мм						
	18	20	22	24	25	28	30
100	94	94	95	95	95	95	96
500	388	397	404	410	413	420	424
1000	642	665	685	703	711	732	745
1500	824	861	894	924	938	975	997
2000	963	1013	1058	1099	1118	1171	1203
2500	1074	1135	1191	1242	1266	1333	1374
3000	1165	1236	1302	1362	1391	1471	1520
3500	1241	1321	1395	1464	1497	1589	1646
4000	1307	1395	1477	1553	1590	1693	1756
4500	1364	1459	1548	1631	1671	1784	1854
5000	1414	1515	1611	1700	1743	1865	1942
5500	1459	1566	1667	1762	1808	1939	2020
6000	1499	1611	1718	1818	1867	2005	2092
6500	1535	1653	1764	1869	1920	2066	2158
7000	1568	1690	1806	1916	1969	2122	2218
7500	1598	1725	1845	1959	2014	2173	2273
8000	1626	1756	1880	1999	2056	2220	2325
8500	1652	1786	1913	2035	2094	2264	2372
9000	1676	1813	1944	2069	2130	2306	2417
9500	1698	1838	1973	2101	2164	2344	2459
10000	1719	1862	1999	2131	2195	2380	2498

Продолжение табл. 31

Радиус готового изделия R, мм	Радиус изгиба ρ при $\sigma_т$ = 700 МПа и толщине листа, мм						
	32	36	40	50	60	70	80
100	96	96	96	97	97	97	98
500	428	435	440	450	456	461	465
1000	756	776	793	826	849	866	880
1500	1018	1054	1085	1145	1190	1224	1251
2000	1232	1284	1330	1421	1490	1544	1587

Продолжение табл.31

Радиус готового изделия R, мм	Радиус изгиба ρ при $\sigma_т$ = 700 МПа и толщине листа, мм						
	32	36	40	50	60	70	80
2500	1412	1480	1540	1662	1756	1831	1891
3000	1566	1649	1723	1876	1995	2091	2169
3500	1699	1796	1883	2066	2210	2327	2424
4000	1816	1927	2026	2237	2406	2544	2660
4500	1920	2043	2154	2392	2584	2743	2878
5000	2014	2148	2270	2533	2748	2928	3080
5500	2098	2243	2376	2662	2899	3099	3269
6000	2175	2330	2472	2782	3039	3258	3445
6500	2245	2409	2561	2892	3170	3407	3611
7000	2310	2483	2643	2994	3291	3546	3767
7500	2369	2551	2719	3090	3405	3677	3914
8000	2425	2614	2789	3179	3512	3800	4053
8500	2476	2673	2856	3263	3613	3917	4184
9000	2524	2728	2918	3342	3708	4027	4309
9500	2569	2779	2976	3416	3798	4132	4428
10000	2612	2828	3031	3487	3883	4231	4541

Таблица 32

Радиус готового изделия R, мм	Радиус изгиба ρ при $\sigma_т$ = 800 МПа и толщине листа, мм						
	4	6	8	10	12	14	16
100	77	83	87	89	90	91	92
500	212	259	293	318	338	353	366
1000	278	359	423	475	518	554	586
1500	313	416	501	573	635	688	735
2000	336	455	555	642	718	786	846
2500	353	483	595	694	782	861	933
3000	366	505	626	735	833	921	1003
3500	376	522	652	768	874	971	1961
4000	385	537	673	796	909	1014	1110

Продолжение табл. 32

Радиус готового изделия R, мм	Радиус изгиба ρ при $\sigma_т$ = 800 МПа и толщине листа, мм						
	4	6	8	10	12	14	16
4500	392	549	691	820	940	1050	1153
5000	398	560	707	841	966	1082	1190
5500	403	569	720	859	989	1110	1223
6000	408	577	732	876	1009	1135	1253
6500	412	585	743	890	1028	1157	1279
7000	416	591	753	903	1045	1178	1304
7500	419	597	762	915	1060	1196	1326
8000	422	603	770	926	1074	1213	1346
8500	425	608	777	936	1087	1229	1365
9000	428	612	784	946	1098	1244	1482
9500	430	616	790	954	1109	1257	1398
10000	433	620	796	962	1120	1270	1413

Продолжение табл. 32

Радиус готового изделия R, мм	Радиус изгиба ρ при $\sigma_т$ = 800 МПа и толщине листа, мм						
	18	20	22	24	25	28	30
100	93	94	94	94	95	95	95
500	377	386	394	400	403	411	416
1000	612	636	657	675	684	707	720
1500	777	814	848	878	892	931	954
2000	901	950	995	1036	1056	1109	1141
2500	998	1058	1113	1164	1188	1254	1295
3000	1077	1146	1210	1269	1298	1377	1425
3500	1144	1220	1292	1359	1391	1481	1537
4000	1200	1284	1363	1436	1472	1572	1634
4500	1249	1339	1424	1504	1542	1651	1719
5000	1292	1388	1478	1564	1605	1722	1795
5500	1330	1431	1526	1617	1661	1786	1864
6000	1364	1470	1570	1665	1711	1843	1926
6500	1395	1505	1609	1709	1757	1895	1982

Продолжение табл.32

Радиус готового изделия R, мм	Радиус изгиба ρ при $\sigma_т$ = 800 МПа и толщине листа, мм						
	18	20	22	24	25	28	30
7000	1423	1537	1645	1749	1799	1943	2034
7500	1449	1566	1678	1785	1837	1987	2082
8000	1472	1593	1708	1819	1873	2027	2126
8500	1494	1618	1736	1850	1905	2065	2166
9000	1514	1641	1762	1879	1936	2100	2205
9500	1533	1662	1787	1906	1964	2133	2240
10000	1550	1682	1809	1932	1991	2163	2274

Продолжение табл. 32

Радиус готового изделия R, мм	Радиус изгиба ρ при $\sigma_т$ = 800 МПа и толщине листа, мм						
	32	36	40	50	60	70	80
100	95	96	96	97	97	97	97
500	420	427	433	444	452	457	461
1000	732	754	772	807	832	851	866
1500	975	1013	1045	1110	1158	1195	1224
2000	1171	1225	1272	1367	1440	1495	1744
2500	1333	1403	1464	1590	1688	1767	1831
3000	1471	1554	1629	1785	1908	2008	2091
3500	1589	1686	1773	1957	2105	2226	2327
4000	1593	1802	1900	2111	2282	2424	2544
4500	1784	1904	2014	2250	2443	2606	2743
5000	1865	1996	2116	2375	2591	2772	2928
5500	1939	2079	2208	2490	2726	2926	3099
6000	2005	2155	2292	2595	2850	3069	3258
6500	2066	2224	2370	2692	2966	3201	3407
7000	2122	2287	2441	2782	3073	3326	3546
7500	2173	2346	2507	2865	3174	3442	3677
8000	2220	2400	2568	2943	3267	3551	3800
8500	2264	2451	2625	3016	3356	3653	3917

Продолжение табл. 32

Радиус готового изделия R, мм	Радиус изгиба ρ при $\sigma_т$ = 800 МПа и толщине листа, мм						
	32	36	40	50	60	70	80
9000	2306	2498	2678	3085	3439	3750	4027
9500	2344	2542	2728	3149	3517	3842	4132
10000	2380	2584	2775	3210	3591	3929	4231

Таблица 33

Радиус готового изделия R, мм	Радиус изгиба ρ при $\sigma_т$ = 900 МПа и толщине листа, мм						
	4	6	8	10	12	14	16
100	75	82	85	88	89	91	92
500	198	245	279	305	325	341	355
1000	256	334	396	447	490	527	558
1500	287	384	465	535	595	647	694
2000	307	418	512	595	668	734	793
2500	321	442	547	640	724	800	869
3000	332	461	574	676	769	853	931
3500	341	476	596	705	805	897	982
4000	348	488	614	729	835	933	1025
4500	354	499	630	750	861	965	1065
5000	360	508	643	768	884	992	1094
5500	364	516	655	783	904	1016	1123
6000	368	523	665	797	921	1038	1148
6500	372	529	674	810	937	1057	1171
7000	375	534	682	821	951	1075	1192
7500	378	540	690	831	964	1091	1211
8000	380	544	697	840	976	1105	1228
8500	383	548	703	849	987	1119	1244
9000	385	552	709	857	997	1131	1259
9500	387	556	714	864	1007	1143	1273
10000	389	559	719	871	1016	1154	1286

Продолжение табл. 33

Радиус готового изделия R, мм	Радиус изгиба ρ при $\sigma_т$ = 900 МПа и толщине листа, мм						
	18	20	22	24	25	28	30
100	92	93	93	94	94	95	95
500	366	376	384	391	394	403	408
1000	586	610	631	650	659	685	697
1500	735	773	807	837	852	891	914
2000	846	895	940	981	1000	1053	1086
2500	933	991	1045	1095	1119	1185	1226
3000	1003	1069	1131	1189	1217	1294	1342
3500	1061	1135	1204	1269	1300	1387	1442
4000	1110	1190	1266	1337	1371	1468	1528
4500	1153	1239	1320	1396	1433	1538	1604
5000	1190	1281	1367	1449	1488	1600	1671
5500	1223	1318	1409	1495	1537	1656	1731
6000	1253	1352	1447	1537	1581	1706	1785
6500	1279	1382	1481	1575	1621	1752	1835
7000	1304	1410	1512	1610	1657	1793	1880
7500	1326	1435	1540	1641	1690	1831	1921
8000	1346	1458	1567	1670	1721	1867	1960
8500	1365	1480	1591	1697	1749	1899	1995
9000	1382	1500	1613	1722	1776	1930	2028
9500	1398	1518	1634	1746	1800	1958	2059
10000	1413	1535	1654	1768	1823	1985	2088

Продолжение табл. 33

Радиус готового изделия R, мм	Радиус изгиба ρ при $\sigma_т$ = 900 МПа и толщине листа, мм						
	32	36	40	50	60	70	80
100	95	95	96	96	97	97	97
500	412	420	426	438	447	453	458
1000	710	732	751	789	816	837	853
1500	936	975	1009	1077	1127	1167	1198
2000	1116	1171	1219	1318	1394	1454	1503

Продолжение табл. 33

Радиус готового изделия R, мм	Радиус изгиба ρ при $\sigma_т$ = 900 МПа и толщине листа, мм						
	32	36	40	50	60	70	80
2500	1264	1333	1395	1524	1625	1707	1774
3000	1388	1471	1546	1703	1829	1932	2018
3500	1494	1589	1676	1860	2010	2134	2238
4000	1586	1693	1790	2000	2172	2316	2439
4500	1667	1784	1891	2125	2318	2482	2622
5000	1739	1865	198	2237	2451	2634	2791
5500	1803	1939	2064	2340	2573	2773	2947
6000	1862	2005	2139	2434	2685	2902	3091
6500	1915	2066	2207	2520	2788	3021	3226
7000	1963	2122	2269	2599	2884	3132	3351
7500	2008	2173	2327	2673	2973	3236	3469
8000	2049	2220	2381	2742	3056	3334	3580
8500	2088	2264	2431	2806	3135	3425	3684
9000	2124	2306	2477	2866	3208	3511	3783
9500	2157	2344	2521	2923	3277	3592	3876
10000	2188	2380	2562	2976	3342	3669	3964

2.45. Порядок определения технологических возможностей листогибочных машин включает в себя:

определение наибольших размеров поперечного сечения изгибаемого листа для данного типа машин;

проверку прогиба валков машины;

проверку контактных напряжений между валками машины и заготовкой.

2.46. Листогибочные машины применяются для гибки заготовок различной толщины и ширины из материалов разной прочности. Обычно в паспорте указывают максимальные размеры поперечного сечения обрабатываемой заготовки, механические свойства материала и минимальный радиус обечайки, который может быть получен на данном типе машины.

2.47. Для всех машин одним из основных условий, ограничивающих размеры заготовки, изгибаемой в ма-

шине, будет величина предельных напряжений в валках ($\sigma_{пред}$):

$$\sigma_{пред} = \frac{P_{ср}}{8W_в}(2L - в), \qquad (13)$$

где $P_{ср}$ – усилие на рассматриваемом наиболее нагруженном валке; $W_в$ – момент сопротивления поперечного сечения верхнего валка; L – расчетный пролет валка; $в$ – ширина сгибаемого листа.

2.48. Максимальная ширина ($в_{макс}$) и толщина($\delta_{макс}$) заготовки с другими значениями радиуса изгиба (ρ) , модуля упрочнения (E_1) и предела текучести ($G_т$) материала ее, чем указанные в паспорте машины $в_о$, $\delta_о$, $\rho_о$ и $G_т^о$, может быть определна из формулы (13):

а) для трехвалковых и четырехвалковых машин при установке валков по симметричной схеме:

$$в_{макс} = L\sqrt{L^2 \frac{m_о \delta_о^2 G_т^о \rho \operatorname{tg}\alpha}{m \delta^2 G_т \rho_о \operatorname{tg}\alpha_о}(2\alpha - в_о)в_о} \; ; \qquad (14)$$

$$\delta_{макс} = \delta_о \sqrt{\frac{m_о G_т \rho \operatorname{tg}\alpha (2\alpha - в_о)в_о}{m G_т \rho_о \operatorname{tg}\alpha_о (2\alpha - в)в}} \; , \qquad (15)$$

где α и $\alpha_о$ – угловые параметры листогибочных машин (рис. 5);

б) для трехвалковых и четырехвалковых машин при установке валков по асимметричной схеме:

$$в_{макс} = L\sqrt{L^2 - \frac{m_о \delta_о^2 G_т^о \rho (\operatorname{ctg}\alpha_о + \operatorname{ctg}\beta_о)}{m \delta^2 G_т \rho_о (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\beta)}(2\alpha - в_о)в_о} \; ; \qquad (16)$$

$$\delta_{макс} = \delta_о \sqrt{\frac{m_о G_т^о \rho (\operatorname{ctg}\alpha_о + \operatorname{ctg}\beta_о)(2\alpha - в_о)в_о}{m G_т \rho_о (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\beta)(2\alpha - в)в}} \; . \qquad (17)$$

При выводе формул (14) и (15) для четырехвалковых машин (при установке валков по симметричной схеме) усилие прижима принято одинаковым при гибке любых заготовок.

Значение коэффициента m , принятое по паспорту машины, приведено в табл. 34.

Таблица 34

E_1 , МПа	Значение m при коэффициенте K										
	0,005	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
2500	2,68	2,08	1,79	1,69	1,63	1,6	1,53	1,43	1,32	1,18	1
4500	3,62	2,53	2,03	1,82	1,73	1,68	1,56	1,44	1,33	1,18	1

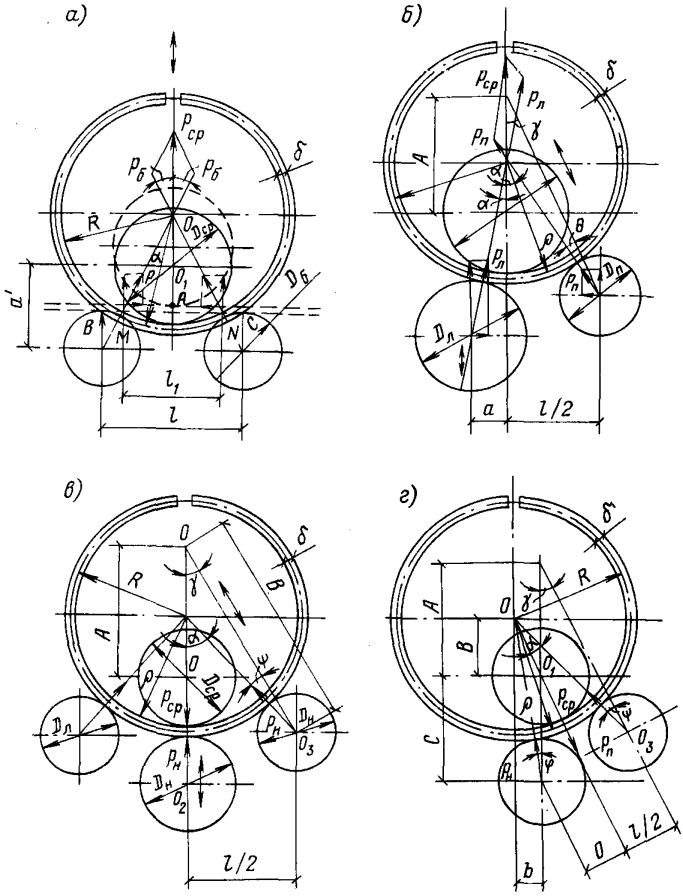


Рис. 5. Схема действия сил при гибке листов на листогибочных валковых машинах

а, б – трехвалковых симметричных и асимметричных; в, г – четырехвалковых при установке валков по симметричной и асимметричной схемам

2.49. При неизвестных значениях предела текучести материала, предлагаемого в обработке листа на данном типе машины, вместо $\sigma_т$ необходимо подставить $\sigma_т^{макс}$.

2.50. После определения максимальных размеров поперечного сечения листа необходимо проверить прогиб верхнего (среднего) валка по формуле

$$f = \frac{p_{ср} L^3}{48EJ}\left[1 - \frac{1}{2}\left(\frac{\delta}{L}\right)^2 + \frac{1}{8}\left(\frac{\delta}{L}\right)^3\right]. \qquad (18)$$

Прогиб верхнего листа не должен быть более $1/1000L$ – для машин, не имеющих опорных роликов у боковых валков, и $1/5000L$ – для машин с опорными роликами посредине боковых валков.

Невыполнение этих условий приведет к недопустимой бочкообразности готовых обечаек.

2.51. Проверка прогиба среднего валка не требуется, если $L \leq 8{,}5\ D_{ср}$ – для машин, не имеющих опорных роликов у боковых валков, и $L \leq 17\ D_{ср}$ – для машин с опорными роликами посредине боковых валков.

2.52. Контактные напряжения между валками и заготовкой вызывают повышенный износ рабочих валков или смятие самой сгибаемой заготовки, так как прочностные характеристики материала валков выше или ниже прочностных характеристик материала заготовки.

Величина контактных напряжений между боковыми, средним валками и листом не должна превышать допустимую из условия смятия. Напряжения смятия материала валков возникают, как правило, при гибке толстых листов из высокопрочной стали.

2.53. Предельная толщина листа, который можно гнуть на трехвалковых симметричных или четырехвалковых (при расположении валков по симметричной схеме) машинах, из условия недопустимости смятия листа или валков будет равна:

а) при $\rho > 2D_{ср}$

$$\delta_{макс} = 5{,}875\rho G'' \sqrt{\frac{D_{ср} tg\alpha}{m G_1 E\left(\rho - \frac{D_{ср}}{2}\right)}}\ ; \qquad (19)$$

б) при $\rho \leq D_{ср}$

$$\delta_{макс} = 11{,}75\rho\sigma^{н}\sin\alpha\sqrt{\frac{D_б}{m\sigma_т E L}}, \qquad (20)$$

где $D_б$ и $D_{ср}$ – диаметры бокового и среднего валков машин; $\sigma^{н}$ – меньший из двух нормативных пределов текучести соприкасающихся материалов; L – расстояние между боковыми валками.

В приведенных формулах при определении m необходимо задаться значением $\delta_{макс}$ и в случае существенного несовпадения результатов повторить расчет с вновь принятым $S_{макс}$.

2.54. Предельная толщина листа $\delta_{макс}$, который можно гнуть на трехвалковых асимметричных и четырехвалковых (при установке валков по асимметричной схеме) машинах из условия недопустимости смятия листа или валков будет равна:

а) при $\rho > 2D_{ср}$

$$\delta_{макс} = 5{,}875\rho\sigma^{н}\sqrt{\frac{D_{ср}}{m\sigma_т E(\rho - \frac{D_{ср}}{2})(ctg\alpha + ctg\beta)}}; \qquad (21)$$

б) при $\rho \leq 2D_{ср}$

$$\delta_{макс} = 11{,}5\rho\sigma^{н}\sin\alpha\sqrt{\frac{D_б}{m\sigma_т E L}}, \qquad (22)$$

где α и β – угловые параметры асимметричных машин (рис. 5).

2.55. Перерасчет рекомендуется производить по заранее составленной программе на ЭВМ, в этом случае уменьшается трудоемкость вычислений.

2.56. Пример определения возможностей листогибочной машины при гибке высокопрочной стали.

Определить максимальные ширины (толщины) заготовок из стали с $\sigma_т$ = 500 МПа и $E_т$ = 2500 МПа, которые можно гнуть на машине Х2М36/5000.

Порядок определения возможности гибки листов

1. Зная радиусы готового изделия (R), а также толщину (δ) и предел текучести ($G_т$) материала заготовки (при неизвестном пределе текучести материала заготовки принимаем $\sigma_т^{макс}$, по формуле (21), или табл. 27, или рис. 5 находим радиусы изгиба ли-

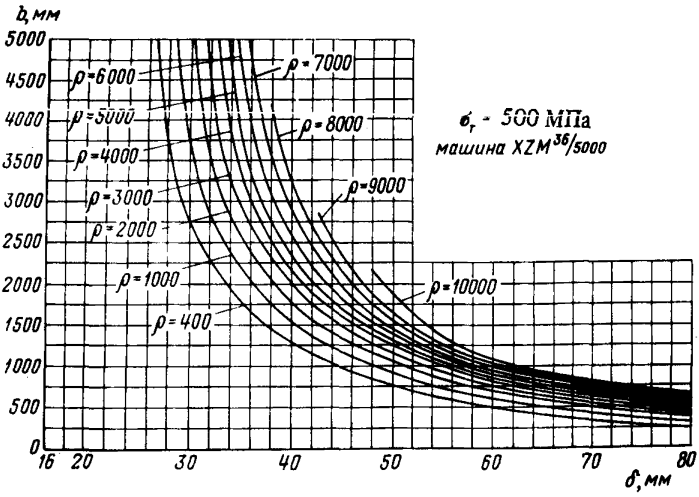


Рис. 6. График зависимости максимальной ширины листа $B_{макс}$ от толщины δ и радиуса изгиба ρ при $\sigma_т$ = 500 МПа

ста в машине (ρ), которые в дальнейшем используем во всех расчетах.

2. Максимальные размеры листов определяются по формулам, приведенным выше.

Результаты вычислений для машины XZM 36/500 приведены на графике (рис. 6).

3. Прогиб верхнего валка не проверяем, так как L = 5600 мм < 8,5, $D_{ср}$ = 8,5x700 = 5950 мм (см. п. 2.51).

Фрезерование и строгание

2.57. Фрезерование и строгание следует назначать в следующих случаях:

а) для обработки кромок деталей с целью удаления дефектов поверхности металла после механической или кислородной резки в соответствии с требованиями главы СНиП III-18-75 (пп. 1.17 - 1.19);

б) в случаях, оговоренных в чертежах КМД; кроме того, механическая обработка может применяться для подготовки кромок под сварку, для подготовки поверхности опорных плит к колоннам, для обеспечения повышенных требований к точности деталей и т.д.

Поскольку обработка кромок строжкой, особенно после кислородной резки высокопрочных сталей, затруднена, целесообразно строгание заменить фрезерованием на продольно-фрезерных станках. Для обработки кромок под сварку в листовых деталях из высокопрочной стали на кромкофрезерных станках рекомендуются к применению конические фрезы с различными углами конусности, оснащенные твердосплавными пластинами Т5К10, ТТ7К12, ВК8(ГОСТ 2209-82).

2.58. Фрезерование торцов элементов стальных конструкций следует производить для обеспечения плотного прилегания в элементах конструкций, передающих усилия (торцах стержней и траверс колонн, опорных ребрах и подкрановых балках и т.п.).

2.59. В деталях, подлежащих фрезерованию или строжке, должны быть предусмотрены припуски на обработку в размере 30% толщины металла, но не менее величин, приведенных в табл. 35, и не более 10 мм.

Таблица 35

Операция, предшествовавшая фрезерованию или строжке кромок	Припуск на обработку, мм
Резка на ножницах	3
Кислородная резка автоматом или полуавтоматом	3
Кислородная резка ручным резаком	5

2.60. Для стержневых элементов, подлежащих фрезерованию, должны быть предусмотрены припуски по длине на обработку каждого торца 5 - 8 мм.

2.61. Припуск по толщине в деталях, подлежащих строжке или фрезерованию, следует принимать равным

5–8 мм на одну плоскость обработки в зависимости от неплоскостности поверхности и размеров детали.

2.62. Кромки после строжки или фрезерования должны быть прямолинейны; стрела кривизны кромок после обработки не должна превышать 1/500 ее длины и не более 2 мм. Величина зазора между фрезерованной поверхностью и приложенной к ней в любом направлении стальной линейкой длиной 1 м должна быть не больше 0,3 мм.

2.63. При подготовке под сварку деталей из листов разной толщины на листе большей толщины должен быть сделан скос с одной или с двух сторон с уклоном не более 1:5.

Стыковка листов разной толщины разрешается без скосов, если разница в толщинах листов не превышает 4 мм, а для конструкций из сталей классов С60/45 – С85/75 – 2,5 мм, при этом необходима механическая обработка ступеньки перед подваркой корня шва.

2.64. Фрезерование кромок деталей, торцов деталей из профильного проката, опорных плоскостей конструкций следует производить на фрезерных станках, указанных в табл. 36 и 37.

2.65. Фрезерование торцов сварных элементов следует производить после сварки (за исключением приварки мелких деталей, не вызывающих изменения основных геометрических размеров элемента). Фрезерование опорной плиты в сборе с колонной необходимо производить после приварки ее и всех деталей башмака к колонне (указанный порядок не обязателен при фрезеровании, обусловленном технологией).

Таблица 36

Основные параметры	Модели торцефрезерных станков				
	ИР-198	ТФС-3*	ТФС-4*	ГЗФС6991*	ГЗФС6991С1*
Максимальные размеры обрабатываемых	1400х х3600	1200х х2100	1200х х3600	1800х х3600х х14000	2200х х3800х2000

Продолжение табл.36

Основные параметры	Модели торцефрезерных станков				
	ИР-198	ТФС-3*	ТФС-4*	ТЗФС6991*	ТЗФС6991С1*
изделий (высота, ширина, длина), мм					
Число фрезерных головок	1	1	1	2	2
Максимальный диаметр фрезерной головки, мм	250	200	250	250	250
Скорость подачи фрезерной головки (вертикальная и горизонтальная), мм/мин	16–1000	205	233	19–235	10–500
Число вертикальных и горизонтальных подач фрезерной головки	–	1	1	12	18
Максимальное вертикальное перемещение фрезы, мм	–	1240	1240	2100	2250

Продолжение табл. 36

Основные параметры	Модели торцефрезерных станков				
	ИР-198	ТФС-3*	ТФС-4*	ГЗФС6991*	ГЗФС6991С1*
Максимальное горизонтальное перемещение фрезы, мм	–	2100	3600	3900	3900
Скорость перемещения подвижной части станка в продольном направлении при настройке на длину, мм/мин	2500	750	1210	950	2000
Число оборотов шпинделя, об/мин	–	259 322 415	259 322 415	– 19–235 –	– 25–315 –
Число скоростей шпинделя	–	3	3	12	12
Наибольшее перемещение шпинделя, мм	250	141	14	200	200
Размеры рабочей поверхности стола (ширина и длина), мм	–	650х х3700	650х х3700	–	–

Продолжение табл. 36

Основные параметры	Модели торцефрезерных станков				
	ИР-198	ТФС-3*	ТФС-4*	ГЗФС6991*	ГЗФС6991С1*
Максимальная глубина резания, мм:					
при вертикальной подаче	–	3	4	–	–
при горизонтальной подаче	–	6	6	–	–
Мощность электродвигателя, кВт:					
фрезерной головки	–	10	10	2·13	2·13
механизма подачи	–	4,5	2·5,5	2·4,3	2·5,5
Габаритные размеры, мм:					
длина	–	5430	6920	18200	25700
ширина	–	2459	2700	7600	8500
высота	–	3180	3315	5060	4920
Масса, кг	–	11170	17420	130000	167000

* В настоящее время не выпускаются.

Таблица 37

Основные параметры	Модели продольно-фрезерных станков		
	6610*	6У612	6У616
Максимальные разме-	1000х1000х4000	1250х1250х4000	1250х1600х5000

Основные параметры	Модели продольно-фрезерных станков		
	6610*	6У612	6У616
ры обрабатываемых изделий (высота, ширина, длина), мм			
Число фрезерных головок	4	4	4
Максимальный диаметр фрезерной головки, мм	400	400	400
Наибольший угол поворота головки, град	±30	Вертикальный ±45, горизонтальный ±30	Вертикальный 45, горизонтальный 30
Скорость подачи фрезерной головки (вертикальная и горизонтальная), мм/мин	20–1250	8–300	8–300
Число оборотов шпинделя, об/мин	25–800	25–1250	25–1250
Число скоростей шпинделя	16	18	18
Наибольшее перемещение пиноли шпинделя, мм	200	315	315

Продолжение табл. 37

Основные параметры	Модели продольно-фрезерных станков		
	6610*	6У612	6У616
Расстояние между осями вертикальных шпинделей, мм	400–1990	550–2450	550–2800
Расстояние между осями горизонтального шпинделя, мм	870–1270	890–1490	1240–1840
Размеры рабочей поверхности стола (ширина и длина), мм	1000х4000	1250х4000	1600х5000
Подача стола, мм/мин	20–2000	5–1000	5–1000
Наибольшее перемещение стола, мм	4550	4550	5000
Расстояние от рабочей поверхности стола до торца вертикального шпинделя, мм	40–1168	260–1330	260–1300
Расстояние от рабочей поверхности стола до оси горизонтально-	960	1050	1050

Продолжение табл. 37

Основные параметры	Модели продольно-фрезерных станков		
	6610*	6У612	6У616
го шпинделя (наибольшее), мм			
Мощность электродвигателя, кВт	4·13	4·22	4·22
Габариты станка, мм:			
длина	10390	10700	12684
ширина	4360	5500	5455
высота	4075	5300	5300
Масса, кг	39000	69500	75 130

*В настоящее время не выпускаются.

2.66. В стержнях, имеющих монтажные отверстия, линии фрезерования необходимо намечать в соответствии с существующими отверстиями. В остальных случаях один торец рекомендуется фрезеровать "на верность", второй - на проектный размер по длине элементов.

2.67. Установку сварных двутавровых стержней рекомендуется осуществлять с опиранием на стенку. Фиксацию стержня по боковым упорам следует выполнять в плоскости стенки стержня (балки). В случае установки стержней с опиранием на полки необходимо обеспечивать жесткость стенки путем поддомкрачивания ее винтовыми опорами.

2.68. Фрезерование торцов стержней следует производить не менее чем за два прохода, причем последний проход должен быть чистовым с глубиной резания не более 1 мм.

При чистовом фрезеровании направление движения фрезы должно быть одинаковым с обоих торцов стержня.

2.69. Фрезерование следует производить в режимах, обеспечивающих наименьшую трудоемкость при наиболее полном использовании режущих свойств инструмента.

Рекомендуемые режимы фрезерования приведены в табл. 38.

2.70. Для повышения производительности труда и поддержания стабильности режущих свойств фрезы рекомендуется применять смазочно-охлаждающие жидкости.

Выбор смазочно-охлаждающей жидкости производится с учетом обрабатываемого материала и характера обработки в соответствии с табл. 39.

2.71. Строжку кромок листов рекомендуется производить в пакетах на кромкострогальных станках, указанных в табл. 40, строжку поверхностей - на продольно-строгальных станках, указанных в табл. 41. Детали небольших размеров следует обрабатывать на поперечно-строгальных станках (табл. 42).

2.72. Крепление деталей при строжке следует производить непосредственно на столе станка с использованием механизированных прижимных устройств, а также универсальных зажимных приспособлений и крепежных деталей.

2.73. Строжку необходимо выполнять в режимах, обеспечивающих наименьшую трудоемкость при наиболее полном использовании режущих свойств инструмента и эксплуатационных возможностей станка (табл. 43).

Образование отверстий

2.74. Отверстия под заклепки и болты проектного диаметра или меньшего диаметра с последующей рассверловкой образовывают пробивкой или сверлением в соответствии с указаниями рабочих чертежей конструкции.

2.75. Пробивку отверстий на прессах следует производить в деталях из листовой и профильной стали, не требующих повышенной точности расположения отвер-

Таблица 38

Стойкость T, мин	Д / z	t, мм, до	Подача на один зуб фрезы, мм/зуб, до								
			0,1			0,15			0,2		
			V	n	$S_м$	V	n	$S_м$	V	n	$S_м$
			Сталь классов С44/29, С46/33								
120	100	5	152	662	530	131	417	500	96	306	490
	8	10	120	401	321	79	252	302	57	182	291
	200	5	152	331	307	135	209	376	96	158	367
	12	10	120	201	241	79	126	227	57	91	218
180	100	5	135	348	438	107	341	409	48	248	397
	8	10	106	331	265	65	207	248	47	150	240
	200	5	135	274	329	107	171	308	78	124	298
	12	10	106	166	199	65	104	187	47	75	180
			Сталь классов С52/40, С60/45								
120	100	5	182	520	464	116	369	443	85	271	434
	8	10	134	427	342	86	274	329	62	197	315
	220	5	182	290	348	116	185	333	85	135	324
	12	10	134	213	256	86	137	247	62	99	238
180	100	5	159	506	405	101	322	386	74	236	378
	8	10	118	376	301	75	239	287	55	175	280
	200	5	159	253	304	101	101	290	74	118	283
	12	10	118	188	226	75	119	214	55	88	211

Продолжение табл. 38

Стойкость T, мин	Д / z	t, мм, до	Подача на один зуб фрезы, мм/зуб, до								
			0,1			0,15			0,2		
			V	n	$S_м$	V	n	$S_м$	V	n	$S_м$
			Сталь класса С70/60								
120	100	5	152	484	387	82	261	313	53	169	270
	8	10	120	382	326	64	204	245	41	131	210
	200	5	152	242	290	42	131	236	53	84	202
	12	10	120	191	229	64	102	184	41	65	156

Продолжение табл. 38

Стойкость T, мин	Д / z	t, мм, до	Подача на один зуб фрезы, мм/зуб, до								
			0,1			0,15			0,2		
			V	n	$S_м$	V	n	$S_м$	V	n	$S_м$
180	100	5	135	430	344	72	229	275	47	130	240
	8	10	106	338	270	57	182	218	37	118	189
	200	5	135	215	258	72	115	207	47	75	180
	12	10	106	169	203	57	91	164	37	59	142
120	100	5	73	230	185	66	208	250	62	192	316
	8	10	58	191	147	53	166	200	49	160	250
	200	5	73	116	138	66	104	181	62	96	238
	12	10	58	96	116	53	83	150	49	80	188
180	100	5	63	200	160	57	182	218	54	172	276
	8	10	50	158	128	46	145	174	43	138	220
	200	5	63	100	120	57	91	165	54	86	208
	12	10	50	79	96	46	76	125	43	69	165

Продолжение табл. 38

Стойкость T, мин	Д / z	t, мм, до	Подача на один зуб фрезы, мм/зуб, до								
			0,25			0,3			0,35		
			V	n	$S_м$	V	n	$S_м$	V	n	$S_м$
120	100	5	78	233	466	59	188	451	50	159	445
	8	10	44	140	280	36	115	276	30	96	269
	200	5	78	116	348	59	94	338	50	80	336
	12	10	44	70	210	36	57	205	30	48	202
180	100	5	60	191	382	48	153	367	41	131	367
	8	10	36	115	230	29	92	221	24	76	213
	200	5	60	96	288	48	76	274	41	65	273
	12	10	36	57	171	29	46	166	24	38	100
120	100	5	66	210	420	54	172	413	46	147	412
	8	10	49	156	312	40	127	305	34	109	302
	220	5	66	105	315	54	86	310	46	73	304
	12	10	49	78	234	40	64	230	34	54	227

Продолжение табл. 38

Стойкость T, мин	Д / z	t, мм до	Подача на один зуб фрезы, мм/зуб, до 0.25 V	0.25 n	0.25 $S_м$	0.3 V	0.3 n	0.3 $S_м$	0.35 V	0.35 n	0.35 $S_м$
180	100	5	58	185	370	47	150	360	40	127	356
	8	10	43	137	274	35	112	269	30	96	269
	200	5	58	92	276	47	75	270	40	64	267
	12	10	43	69	207	35	56	202	30	48	202
120	100	5	37	118	236	28	89	214	22	70	196
	8	10	29	92	184	22	70	168	17	54	151
	200	5	37	59	117	28	45	162	22	35	147
	12	10	29	46	138	22	35	126	17	27	113
180	100	5	33	105	210	25	80	192	19	61	171
	8	10	26	83	166	19	61	146	15	48	134
	200	5	33	53	159	25	40	144	19	30	126
	12	10	26	41	123	19	30	108	15	24	101
120	100	5	58	186	374	–	–	–	–	–	–
	8	10	47	150	300	–	–	–	–	–	–
	200	5	58	93	280	–	–	–	–	–	–
	12	10	47	75	224	–	–	–	–	–	–
180	100	5	51	162	324	–	–	–	–	–	–
	8	10	41	132	260	–	–	–	–	–	–
	200	5	51	81	242	–	–	–	–	–	–
	12	10	41	66	185	–	–	–	–	–	–

Примечания: 1. При изменении условий фрезерования скорость резания необходимо умножать на соответствующие коэффициенты: фрезерование по корке K=0,5; при работе фрезой с режущей пластиной из сплава Т15К6 K=1,32; в зависимости от ширины фрезерования при $\frac{B}{D_{фр}} \leq 0{,}45$ $K_B = 1{,}13$; при $\frac{B}{D_{фр}} = 0{,}45$–$0{,}8$ $K_B=1$; при $\frac{B}{D} \geqslant 0{,}8$ $K_B = 0{,}89$.

2. При изменении скорости резания V следует определить число оборотов $n = \frac{1000V}{\pi D}$, минутную подачу $S_м = S_z Z_п$, здесь S_z – подача на зуб, $Z_п$ – число зубьев.

Таблица 39

Обрабатываемый материал	Фрезерование	
	черновое	чистовое
Прокат из углеродистой стали обычной и повышенной прочности	Водный раствор соды. Раствор соды с добавлением антикоррозийных присадок Эмульсия	Водный раствор мыла, эмульсия. Водный раствор буры Водный раствор ализаринового масла
Прокат из низколегированной стали повышенной и высокой прочности		Эмульсия; водный раствор ализаринового масла; смешанные масла (минеральное масло в смеси с продуктом, содержащим жирные кислоты)

Таблица 40

Основные параметры	Модели кромкострогального станка					
	СССР			Англия, "Скривен"	ЧССР, "Шкода" ННР12	ФРГ, "Вагнер" НВ-12
	7806*	7808	7814 (МС-702)			
Наибольшая длина строжки, мм	6000	8000	14000	16000	12000	12000
Наибольшая ширина обрабатываемых изделий, мм	1500	2000	2000	–	–	–
Наибольшая толщина пакета листов, мм	200	200	200	75	80	200

Продолжение табл.40

Основные параметры	Модели кромкострогального станка					
	СССР			Англия, "Скривен"	ЧССР, "Шкода" НИР12	ФРГ, "Вагнер" НВ-12
	7806*	7808	7814 (МС-702)			
Длина стола, мм	6360	11800	17808	–	–	–
Наибольший ход каретки с суппортами, мм	6600	8450	14450	16000	–	–
Скорость рабочего хода, м/мин	6–40	8–40	8–40	15	–	–
Число суппортов	2	2	2	1	2	–
Подача суппортов, мм/двойной ход:						
вертикальная	0,5–12,5	0,4–12	0,4–12	ручная	–	–
горизонтальная	0,25–6,2	0,4–12	0,4–12	"	–	–
Угол поворота суппортов, град	±60	±45	±45	–	35	–
Число прижимов:						
с электроприводом	–	8	14	–	12	–
с пневмоприводом	–	–	–	16	–	15
ручных	3	–	–	–	11	14
Усилие одного прижима, кг:						

Продолжение табл. 40

Основные параметры	Модели кромкострогального станка					
	СССР			Англия, "Скривен"	ЧССР, "Шкода" ННР12	ФРГ, "Вагнер" НВ-12
	7806*	7808	7814 (МС-702)			
гидравлического	–	3500	3500	–	3500	–
с электроприводом	–	–	–	1500	–	7000
с пневмоприводом	–	–	–	–	–	6000
ручного	6000	–	–	–	6000	–
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	28	30	30	41	21	50
Габариты станка, мм:						
высота	2600	3350	3350	3200	2345	4000
ширина	3345	4475	4500	4300	2270	3700
длина	11070	14150	20150	18900	15790	20000
Масса, кг	28000	41000	53000	47200	27700	63000

*В настоящее время не выпускается.

Таблица 41

Основные параметры продольно-строгальных станков	Модели одностоечных станков					
	7110	7112	7116	7210	7212	7216
Наибольшие размеры обрабатываемой заготовки, мм:						
ширина	1000	1250	1600	1000	1250	1600

Продолжение табл. 41

Основные параметры продольно-строгальных станков	Модели одностоечных станков					
	7110	7112	7116	7210	7212	7216
высота	900	1120	1400	900	1120	1400
длина	3000	4000	6000	3000	4000	6000
Наибольшее расстояние между поверхностью стола и поперечиной, мм	1000	1220	1500	1000	1220	1500
Расстояние между стойками, мм	–	–	–	1100	1350	1800
Размеры рабочей поверхности стола, мм:						
длина	3000	4000	6000	3000	4000	6000
ширина	900	1120	1400	900	1120	1400
Число суппортов:						
верхних	2	2	2	2	2	2
боковых	1	1	1	1	1	1
Пределы скоростей, м/мин:						
рабочего хода стола:						
I диапазон	6–90	6,5–80	6,5–80	6–90	6,5–80	6,5–80
II диапазон	4–60	4–48	4–50	4–60	4–48	4–50
обратного						

Продолжение табл. 41

Основные параметры продольно-строгальных станков	Модели одностоечных станков					
	7110	7112	7116	7210	7212	7216
хода стола:						
I диапазон	20–90	20–80	20–80	20–90	20–80	20–80
II диапазон	12–60	12–48	12–50	12–60	12–48	12–50
Величина подачи вертикальных суппортов, мм/двойной ход:						
горизонтального	0,5–25	0,5–25	0,5–25	0,5–25	0,5–25	0,5–25
вертикального	0,5–12,5	0,25–12,5	0,25–12,5	0,25–12,5	0,25–12,5	0,25–12,5
Величина подачи бокового суппорта, мм/двойной ход:						
горизонтального	0,25–12,5	0,25–12,5	0,25–12,5	0,25–12,5	0,25–12,5	0,25–12,5
вертикального	0,25–12,5	0,25–12,5	0,25–12,5	0,25–12,5	0,25–12,5	0,25–12,5
Мощность электродвигателя привода стола, кВт	40	55	75	40	55	75

Основные параметры продольно-строгальных станков	Модели одностоечных станков					
	7110	7112	7116	7210	7212	7216
Габаритные размеры станка, мм:						
длина	7950	9950	14000	7950	9950	14000
ширина	3700	4200	4500	4000	4500	4800
высота	3550	4100	4750	3450	3800	4350
Масса, кг	27500	35000	5000	27500	35000	48000

Таблица 42

Основные параметры	Модели поперечно-строгальных станков					
	7В35*	736*	7А36*	7М36*	737*	7М37*
Ход ползуна, мм:						
наибольший	500	650	100	700	900	1000
наименьший	20	95	150	150	150	150
Расстояние между верхней плоскостью стола и ползуном, мм:						
наибольшее	400	370	400	400	400	500
наименьшее	90	65	—	80	80	80
Наибольший вылет ползуна, мм	625	700	825	840	1025	1140

Продолжение табл. 42

Основные параметры	Модели поперечно-строгальных станков					
	7В35*	736*	7А36*	7М36*	737*	7М37*
Наибольшее сечение резца (ширина и высота), мм	30х20	20х30	30х45	700х450	900х450	1000х560
Наибольшее перемещение стола, мм:						
горизонтальное	500	600	750	700	850	800
вертикальное	310	300	320	320	320	420
Размеры рабочей поверхности стола (длина и ширина), мм	500х360	650х450	700х450	700х450	900х450	1000х560
Наибольший угол поворота резцовой головки суппорта, град	±60	±60	±60	±60	±60	±60
Скорость перемещения ползуна, м/мин	–	–	3–37	3–48	3–37	3–48
Число двойных ходов ползуна, мм	13,2–150		10,5–58,5	–	–	–
Диапазон горизонт-	0,2–3,2	0,33–3,33	0,5	0,25–5	0–5	0,25–5

Продолжение табл.42

Основные параметры	Модели поперечно-строгальных станков					
	7В35*	736*	7А36*	7М36*	737*	7М37*
тальных подач стола на один двойной ход ползуна, мм						
Вертикальная подача суппортов за один двойной ход ползуна, мм	0,15–0,9	–	–	0,15–1,05	–	0,15–1,05
Ускоренное перемещение стола, м/мин:						
горизонтальное	1,8	2,58	2,58	2,38	2,53	2,38
вертикальное	0,45		0,139	0,168	0,139	0,168
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	4,5	3,5	10	7	10	10
Габариты станка, мм:						
длина	2470	2830	2850	2785	3280	3600
ширина	1260	1450	1900	1750	1710	1860
высота	1520	1750	1740	1780	1740	1945
Масса, кг	1800	1850	3840	3200	4100	4500

*В настоящее время не изготовляются.

Таблица 43

Класс стали	Толщина, мм	Подача, мм/двойной ход	Скорость резания, м/мин, при стойкости инструмента Р18	
			Т = 300 м	Т = 150 м
С44/29	5–40	0,3	8,6	23,3
С46/33		0,5	5,2	13,9
		0,7	4	9,7
С52/40	5–40	0,3	4,6	14
С60/45		0,5	2,8	8,5
		0,7	2	6,1
С70/60	5–40	0,3	4,7	14,3
		0,5	2,8	8,5
		0,7	2	6,1
С85/75	5–40	0,3	3,9	11,3
		0,9	2,4	7
		0,7	1,7	4,9

Примечание. При работе инструментом из стали Р6М5 табличные значения следует умножать на $K_п$ = 1,05, при работе по корке – на $K_{поб}$ = 0,7.

стий и высокого качества среза. Для пробивки отверстий рекомендуются специализированные дыропробивные прессы – одноштемпельные, двухштемпельные комбинированные пресс-ножницы, универсальные механические прессы, а также агрегаты для пробивки отверстий и резки уголков.

2.76. Сверление отверстий следует производить в деталях, требующих повышенной точности расположения отверстий и высокого качества среза, а также в случаях, когда диаметр отверстия равен толщине детали или меньше ее.

Сверление рекомендуется производить преимущественно на радиально-сверлильных стационарных и передвижных станках, а также на многошпиндельных

станках как отдельных, так и входящих в поточные линии.

Пневматические или электрические ручные машинки могут применяться для сверления и рассверливания отверстий при общей сборке конструкций. Для этой цели рекомендуются пневматические машинки с электромагнитным креплением к изделию.

Технические характеристики сверлильных станков и ручных машинок приведены в табл. 44–46.

Таблица 44

Наименование параметров	Типы и модели станков						
	вертикально-сверлильные		радиально-сверлильные (передвижные)				
	2Н135	2Н150	2Д53*	0С289*	2Д58*	ИР111М	"Работа" (ЧССР)
Наибольший диаметр сверления, мм	35	50	35	35	100	50	50
Наименьшее и наибольшее расстояния от торца шпинделя до плиты, мм	0–750	0–800	900–2300	900–2300	900–1400	1070	606–1005
Наименьшее и наибольшее расстояния от оси шпинделя до колонны, мм	300	350	3400	3150	3000	–	от 225 до 510
Наибольший ход шпинделя, мм	250	300	350	350	350	–	350
Наибольшее перемещение головок	–	–	2400	2400	2650	1200	–

Продолжение табл. 44.

Наименование параметров	Типы и модели станков						
	вертикально-сверлильные		радиально-сверлильные (передвижные)				
	2Н135	2Н150	2Д53*	ОС289*	2Д58*	ИР111М "Работа" (ЧССР)	
по рукаву, мм							
Наибольшее перемещение рукава по колонне, мм	170	250	1050	–	–	–	–
Число скоростей шпинделя	12	12	19	19	21	21	–
Частота вращения шпинделя, об/мин	31,5–1400		22–1000	28–1700	28–1700	9–1000	20–2000	19–750
Число подач шпинделя	9	12	12	12	18	18	–
Подача шпинделя, мм	0,1–1,6	0,05–2,24	0,05–2,2	0,05–2,2	0,1–2,128	0,05–2,5	0,12–0,48
Скорость перемещения рукава, м/мин	–	–	0,85	–	–	–	–
Мощность двигателя, кВт	4	7,5	4,5	4,5	14	4·2	4·2
Габариты станка, мм:							
длина	1245	1293	4865	5600	5000	4990	7130

Продолжение табл.44

Наименование параметров	Типы и модели станков						
	вертикально-сверлильные		радиально-сверлильные (передвижные)				
	2Н135	2Н150	2Д53*	ОС289*	2Д58*	ИР111М	"Работа" (ЧССР)
ширина	815	875	4300	1430	4300	4000	5300
высота	2690	3090	3940	3855	3360	2600	2395

* В настоящее время не изготовляются.

Примечание. Имеющиеся на заводах металлоконструкций станки 2А135 и 2А150 являются старой модификацией станков 2Н135 и 2Н150. Основные технические характеристики станков отличаются незначительно.

Таблица 45

Основные параметры	Модели радиально-сверлильных стационарных станков				
	2А53*	2А55*	2Н55*	2М57	2М58-1
Наибольший диаметр сверления, мм	35	50	50	75	100
Наименьшее и наибольшее расстояния от торца шпинделя до плиты, мм	500–1500	470–1500	450–1600	От 1750	500–2500
Наименьшее и наиболь-	400–1200	400–1500	400–1000	500–2000	500–3150

Основные параметры	Модели радиально-сверлильных стационарных станков				
	2А53*	2А55*	2Н55*	2М57	2М58-1
шее расстояния от оси шпинделя до колонны, мм					
Наибольший ход шпинделя, мм	300	350	350	450	500
Наибольшее перемещение головок по рукаву, мм	800	1100	1130	1500	2650
Наибольшее перемещение рукава по колонне, мм	700	680	800	900	1500
Число скоростей шпинделя	12	19	21	22	22
Частота вращения шпинделя, об/мин	19–2240	30–1700	20–2000	11,5–1600	10–1250
Число передач шпинделя	8	12	12	18	18
Подача шпинделя, мм	0,06–1,22	0,05–2,2	0,056–2,5	0,063–3,150	0,063–2,15

* В настоящее время не изготовляются.

Таблица 46

Параметры	Модели переносных пневматических машин с электромагнитным креплением	
	СПС14-23*	СПС32-52*
Наименьший диаметр сверления, мм	23	50
Мощность двигателя, кВт	900	1800
Частота вращения шпинделя, об/мин	520, 390	220, 160
Ход шпинделя, мм	90	120
Расход воздуха, $м^3$/мин	1,7	1,8
Внутренний диаметр воздухоподводящего шланга, мм	16	18
Наибольшее расстояние от оси сверла до станка обрабатываемого изделия, мм	55	40
Параметры электромагнита:		
род тока	Переменный	
напряжение, В	12	36
тяговое усилие, кгс	650	1600
Габаритные размеры, мм	305x120x400	395x200x520
Масса, кг	18	46

* В настоящее время не изготовляются.

2.77. Образование отверстий в элементах металлоконструкций в зависимости от их назначения из сталей разных классов следует производить способами, указанными в табл. 47.

2.78. Диаметр пуансона для пробивки отверстий должен быть больше толщины пробиваемой стали не менее чем на 2 мм.

2.79. При пробивке отверстий по картонному шаблону диаметр отверстий в шаблоне должен превышать диаметр пуансона на 1 мм. Пуансон для пробивки от-

Таблица 47

Способ образования отверстий	Назначение конструкций	Толщина проката, мм, при классе прочности стали			
		С44/29	С46/33	С52/40	С60/45
Пробивка	Элементы металлоконструкций общего назначения	До 20	До 20	До 20	До 10
	Элементы опор линий электропередач и открытых распределительных устройств	До 10	До 10	До 10	Не допускается
Сверление	Элементы металлоконструкций общего назначения	Более 20*	Более 20*	Более 20*	Более 10*

* В элементах металлоконструкций с повышенным требованием к точности расположения и качеству среза сверление отверстий следует производить при меньших толщинах металла.

верстий по шаблону не должен иметь центрового острия (керноискателя).

2.80. В зависимости от вида проката стали, размеров детали, серийности, требуемой точности, числа отверстий и их расположения рекомендуется применять способы пробивки отверстий, указанные в табл. 48.

2.81. Величину зазора между пуансоном и матрицей следует выбирать в зависимости от толщины пробиваемого металла. Рекомендуемые величины зазоров приведены в табл. 49.

2.82. Рекомендуемые способы сверления отверстий в зависимости от вида проката стали, размеров дета-

ли, серийности, требуемой точности приведены в табл. 50.

2.83. Сверление следует производить в режимах, обеспечивающих наименьшую трудоемкость при наиболее полном использовании режущих свойств инструмента.

Таблица 48

№ п.п.	Профиль металла, размеры, масса деталей	Способ пробивки отверстий
1.	Планки и фасонки из листа массой до 20 кг, площадью менее 0,5 м^2	Пробивка без наметки по шаблону или с применением приспособления для групповой пробивки
2.	Планки и фасонки из листа массой 20–150 кг, площадью 0,5 м^2	Групповая пробивка на многоштемпельных прессах. Пробивка по наметке
3.	Листы массой более 150 кг	Групповая пробивка, пробивка на многоштемпельных прессах
4.	Уголки прямые длиной до 1 м, массой до 20 кг	Пробивка без наметки по шаблону или с применением приспособления для групповой пробивки
5.	Уголки прямые длиной свыше 1 м, массой свыше 20 кг	Групповая пробивка, пробивка по наметке, пробивка на многоштемпельном прессе, с помощью агрегатов с автоматическим управлением фирмы "Сирюг" и "Варнье"
6.	Швеллеры и двутавры всех размеров	Групповая пробивка, пробивка по наметке, пробивка на многоштемпельных прессах

Таблица 49

Толщина пробиваемого металла, мм	4–8	9–12	13–17	18–19	20–21	22–25
Величина зазора на диаметр, мм	0,7	1,2	2	2,6	2,65	3,6

Примечание. Для обеспечения требований СНиП (величина зазора на диаметр ±1.5 мм) пробивка отверстий может производиться в прокате толщиной до 12 мм.

Таблица 50

№ п.п.	Обрабатываемые детали	Способ сверления
1.	Детали с повышенной точностью расположения отверстий (опорные ребра ферм и подкрановых балок, фланцы башенных и мачтовых сооружений)	По кондуктору, на многошпиндельном сверлильном станке
2.	Детали, не требующие повышенной точности расположения отверстий и партий более 5 шт. Толщина пакета деталей не должна превышать величины трех диаметров отверстий (минимальных, если отверстия в деталях разных размеров)	Пакетом по шаблону (в качестве шаблона можно использовать рядовые детали с отверстиями)
3.	Единичные листовые детали (партия менее 5 шт.). Детали из уголков, швеллеров, двутавровых балок, где не требуется повышенная точность расположения отверстий	По разметке

Продолжение табл.50

№ п.п.	Обрабатываемые детали	Способ сверления
4.	Детали из уголков, швеллеров, двутавровых балок (партия более 5 шт.) длиной до 18 м	На полуавтоматической установке типа "Боултон энд Пол"; по кондуктору; по разметке

Рекомендуемые режимы резания при сверлении проката из сталей разных классов приведены в табл. 51. *Работа с охлаждением (5%-ный эмульсол).*

2.84. Сверла следует затачивать двойной плоской заточкой в специальном приспособлении с задним углом $\alpha_1 = 12\text{–}13^{\circ}$.

Сборка и сварка

2.85. Сборка должна производиться только из выправленных деталей и элементов, очищенных от грязи, масла, ржавчины, льда и прочих загрязнений.

Сборка конструкций под сварку должна производиться в сборочных кондукторах, обеспечивающих высокое качество сборки и безопасное производство работ. Технологический процесс сборки и сварки должен обеспечивать выполнение требований рабочих чертежей.

Все места наложения швов должны быть зачищены до металлического блеска на ширину, равную ширине шва плюс 20–25 мм на каждую сторону.

2.86. Соединение деталей при сборке конструкций должно производиться посредством прихваток или стяжных приспособлений либо путем зажатия в кондукторах.

Приварку временных сборочных приспособлений (распорок, упоров, проушин и т.д.) на высокопрочных сталях, удаляемых после сборки или сварки, следует производить электродами УОНИ13/45. Размеры, число временных креплений, а также способы их установки долж-

Таблица 51

Материал инструмента	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин, при стойкости Т = 30 мин				Скорость резания, м/мин, при стойкости Т = 45 мин			
		Диаметр сверла, мм, до				Диаметр сверла, мм, до			
		15	15–20	20–25	25–30	15	15–20	20–25	25–30
		Сталь классов С44/29, С46/33							
	0,15	14,1	16,7	19,2	21,3	12,7	14,9	17,1	19,2
	0,2	11,3	13,4	15,3	17,1	10,1	12	13,1	15,2
Р6М5	0,25	9,6	11,4	13,1	14,6	8,6	10,3	11,7	13,1
	0,32	7,9	9,4	10,7	11,9	7	8,4	9,5	10,7
	0,43	6,4	7,6	8,7	8,7	5,8	6,8	7,7	9,6
	0,15	15,6	18,4	21,1	23,4	14	16,4	18,7	21,1
	0,2	12,4	14,8	16,8	18,9	11	13,1	15,1	16,7
Р9К5	0,25	10,5	12,6	14,4	16	9,5	11,3	12,9	14,4
	0,32	8,7	10,3	11,7	13,1	7,6	9,2	10,4	11,7
	0,43	7	8,4	9,6	10,7	6,3	7,5	8,4	9,5
	0,15	14,4	16,9	19,4	21,5	13	15,2	17,4	19,4
	0,2	11,6	13,8	15,7	17,4	10,4	12,2	14	15,5
Р18	0,25	9,8	11,7	12,8	14,9	9	10,6	12	13,4
	0,32	8,1	9,6	11,1	12,2	7,6	8,7	9,8	11,1
	0,43	3,7	7,8	8,9	11,8	6	7	8	9,9
		Сталь классов С52/40, С60/45							
	0,15	13,5	16,5	19,2	21,8	11,8	14,5	16,9	19,2
	0,2	10,1	12,3	14,4	16,4	8,9	10,8	12,7	14,4
Р6М5	0,25	8,1	9,9	11,5	13,1	7,1	8,7	10,1	11,5
	0,32	6,3	7,7	9	10,3	6,5	6,8	7,9	9
	0,43	4,7	5,7	6,7	7,6	4,1	5	5,9	6,7
	0,15	14,85	18,15	21,12	24	13	15,9	18,6	21,1
	0,2	11,1	13,5	17,4	18	9,8	11,9	14	15,8
Р9К5	0,25	9,7	10,9	12,7	14,4	7,8	9,6	11,1	12,7
	0,32	6,9	8,5	9,9	11,3	6	7,5	8,7	9,9
	0,43	5,2	6,3	7,4	8,4	4,5	5,5	6,5	7,4
	0,15	13,8	16,8	19,5	22,1	13,1	14,8	17,3	19,5
	0,2	10,4	12,6	14,7	16,6	9,3	11,1	12,9	14,7
Р18	0,25	8,4	19,2	11,8	13,4	7,4	9,0	10,4	11,8
	0,32	6,7	8	9,4	10,6	5,8	7,1	8,3	9,3
	0,43	5	6	6,9	7,9	4,5	5,4	6,2	7
		Сталь классов С70/60							
	0,15	17	24	23,5	26,5	15,3	18,4	21,2	23,8
	0,2	13,2	15,9	18,3	20,6	11,9	14,3	16,5	18,5
Р6М5	0,25	10,9	13,1	15,1	17	9,8	11,8	13,7	15,3
	0,32	8,8	10,5	12,2	13,7	7,9	9,5	11	12,3
	0,43	6,8	8,2	9,4	10,6	6,2	7,4	8,6	9,6

Продолжение табл. 51

Материал инструмента	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин, при стойкости Т = 30 мин				Скорость резания, м/мин, при стойкости Т = 45 мин			
		Диаметр сверла, мм, до				Диаметр сверла, мм, до			
		15	15–20	20–25	25–30	15	15–20	20–25	25–30
Р9К5	0,15	18,7	22,4	25,9	29,1	16,8	20,2	23,2	26,8
	0,2	14,5	17,5	20,1	22,7	13,1	15,7	18,2	20,4
	0,25	12	14,4	16,6	18,7	10,8	13	15,1	16,8
	0,32	9,7	11,6	13,4	15,1	8,7	10,5	12,1	13,5
	0,43	7,5	9	10,3	11,7	6,8	8,1	9,5	10,6
Р18	0,15	17,3	20,7	23,8	26,5	15,6	18,8	21,5	24,1
	0,2	13,2	16,3	18,7	20,9	12,3	14,7	16,8	18,8
	0,25	11,2	13,4	15,4	17,3	10,2	12,2	14	15,7
	0,32	9,1	10,8	12,5	14	8,4	9,8	11,4	12,5
	0,43	7,1	8,5	9,7	10,9	6,6	7,8	8,8	9,9
Р6М5	0,15	12,1	12,9	14,2	15,6	10,5	11	12	14,2
	0,2	10,7	11,8	12,4	13,8	9,2	9,7	10,6	11,8
	0,25	10,1	11	12	13,3	8,8	9,4	10,2	11,3
	0,32	9,4	10	11	12,2	8,1	8,6	9,4	10,4
	0,43	8,3	8,8	9,6	11	7	7,5	8,2	9,1

Продолжение табл. 51

Материал инструмента	Подача, об/мм	Скорость резания, м/мин, при стойкости Т = 30 мин				Скорость резания, м/мин, при стойкости Т = 45 мин			
		Диаметр сверла, мм, до				Диаметр сверла, мм, до			
		15	15–20	20–25	25–30	15	15–20	20–25	25–30
Сталь класса С85/75									
Р9К5	0,15	13	14	15,5	17	12	12,7	14	15,2
	0,2	12	12,5	14	15,5	10,5	11	12,5	13,5
	0,25	11	11,5	13	14,5	10	10,5	11,5	13
	0,32	10	10,5	12	13,5	9,2	9,5	10,3	11,5
	0,43	9	9,6	10,5	11,5	8,1	8,5	9,5	10,3
Р18	0,15	12	13	14,3	16	11	11,4	13	14,3
	0,2	11	11,5	13	14,2	9,5	10,3	11,5	12,6
	0,85	10	10,6	12	13,5	9,2	9,5	10,8	12
	0,32	9,3	9,5	11	12,3	8,4	8,7	9,7	10,8
	0,43	8,2	8,6	9,6	10,6	7,5	7,6	8,7	9,7

Примечание. При работе без охлаждения табличные значения умножают на коэффициент К = 0,76.

ны быть указаны в карте технологического процесса на сборку.

Удаление временных приспособлений должно производиться пневматическим зубилом, воздушно-дуговой строжкой или ацетилено-пропано-кислородным пламенем без повреждения основного металла.

Места приварки временных приспособлений должны быть зачищены абразивным инструментом заподлицо с основным металлом до чистоты $R_z = 60$.

При сборке на прихватках последние рекомендуется располагать со стороны, противоположной началу наложения первого шва. Постановка прихваток в местах пересечения швов не допускается. Перед сваркой основных швов прихватки должны быть тщательно очищены от шлака, обнаруженные дефекты должны быть удалены. Удаление прихваток производится механическим способом. Качество швов для крепления сборочных приспособлений, а также прихваток должно быть не ниже качества основных швов.

2.87. Отклонение формы и размеров кромок и зазоров при сборке сварных соединений не должны превышать величин, приведенных в действующих стандартах на швы сварных соединений, а также в рабочих чертежах.

Местные отклонения зазоров от допускаемых величин должны исправляться:

при зазорах больше допустимых - наплавкой на кромку, но не более 10 мм;

при зазорах меньше допустимых (за исключением наплавленных кромок) - механическим способом, строжкой, подрубкой, шлифовкой кромок. Допускается ручная кислородная резка с применением приспособлений (направляющих, ограничителей), повышающих точность и качество резки, с последующей зачисткой абразивным инструментом.

Допускаемая величина смещения кромок - не более 3 мм.

2.88. При кантовке деталей и собранных элементов, а также при их транспортировке должны быть приняты меры, обеспечивающие сохранение заданной геометри-

ческой формы и исключающие возникновение местной остаточной деформации элементов и их смятие.

2.89. При изготовлении металлоконструкций могут применяться ручная электродуговая сварка, полуавтоматическая и автоматическая под слоем флюса, а также полуавтоматическая в среде углекислого газа, электрошлаковая сварка. Для сварки конструкций из сталей класса С70/60 и выше электрошлаковая сварка не применяется.

Выбор способа сварки определяется характером соединения. Завод-изготовитель может применять более совершенные, чем указанные в проекте, способы сварки при условии обеспечения требуемого качества сварных швов и равнопрочности сварных соединений и основного металла.

2.90. Ручная электродуговая сварка выполняется штучными металлическими электродами. Каждая партия электродов должна иметь сертификаты завода-изготовителя, а каждая пачка - наклейку с указанием характеристик данной марки электродов.

Перед выдачей в работу электроды должны быть прокалены по следующему режиму: установка в печь при температуре 150°С, нагрев электродов с печью до 420–450°С, выдержка в течение 2 ч, охлаждение вместе с печью до 150°С, выемка из печи и помещение в сушильный шкаф.

Электроды должны поставляться к рабочему месту непосредственно из сушильного шкафа, имеющего температуру не менее 50°С, и использованы в течение 5 ч. Прокаленные электроды, не использованные в течение 5 ч, помещаются в сущильный шкаф для хранения и последующего использования.

Каждая партия электродов должна быть проверена на сварочные (технологические) свойства согласно ГОСТ 9466-75. Материал образцов должен соответствовать марке стали свариваемых данными электродами конструкций. Электроды, дающие при проверке трещины в наплавленном металле или дефекты, превышающие допустимые требования ГОСТ подлежат выбраковке.

Для ручной электродуговой сварки стали марки 10ХНДП следует применять электроды, разработанные ЦНИИчермет им.Бардина и опытными сварочным заводом, на основе сварочной проволоки марки 08Х1Д10 (условная марка) с основным покрытием, а также электроды ОЗС-18, которые обеспечивают коррозионную стойкость металла шва на уровне основного металла.

Низколегированные электроды и флюс, применяемые для сварки стали класса выше С60/45, должны подвергаться проверке на содержание диффузионного водорода. Проверке на водород подлежит каждая садка сварочных материалов.

2.91. Для сварки сталей повышенной и высокой прочности применяются сварочные материалы, приведенные в табл. 52.

Таблица 52

Класс и марка стали	Способ сварки	Тип, марка электрода (ГОСТ 9467-75)	сварочной проволоки (ГОСТ 2246-70)	флюса (ГОСТ 9087-81)
С44/29, ВСт3сп 09Г2С	Ручная	Э42, Э42А	–	–
	Полуавтоматическая в среде CO_2	–	Св-08Г2С	–
	Автоматическая под флюсом	–	Св-0,8, Св-08А	АН-348А, АН-348-АМ, ОСЦ-45*, ОСЦ-45М, АН-8
С46/33, 15ХСНД 10Г2С1 14Г2	Ручная	Ц46 и Э46А	–	–
	Полуавтоматическая в среде CO_2	–	Св-08Г2С, Св-08Г2Сц	–
	Автоматическая под флюсом	–	Св-08А	АН-348А, АН-348АМ, ОСЦ-45М

Продолжение табл. 52

Класс и марка стали	Способ сварки	Тип, марка		
		электрода (ГОСТ 9467–75)	сварочной проволоки (ГОСТ 2246–70)	флюса (ГОСТ 9087–81)
С52/40, 10ХСНД 14Г2АФ (14Г2 АФД) 15Г2А ФДСП	Ручная	Э50 и Э50А	–	–
	Порошковой проволокой	–	ПП-АН8, ПП-АН3	–
	Полуавтоматическая в среде CO_2	–	Св-08Г2С, Св-10Г2СЦ	–
	Автоматическая под флюсом	–	Св-08ГА, Св-10ГА	АН-348А, АН-22
С60/45, 16Г2АФ	Ручная	Э50А (УОНИ 13/55), Э60 (УОНИ 13/65)	–	–
	Полуавтоматическая в среде CO_2	–	Св-08Г2С	–
	Автоматическая под флюсом	–	Св-10Г2С, Св-10НМ, Св-10ХМ	АН-348А, АН-22, АН-17М
С70/60, 12ГН2 СМФ, 12ГН2 МФАЮ	Ручная	Э70 (48Н-1), АНП-2**, Э60 (УОНИ 13/65)	–	–
	Полуавтоматическая в среде CO_2	–	Св-10ХГ2СМА, Св-08ХГСМФА, Св-08ХН2СМЮ	–
	Автоматическая под флюсом	–	Св-08ХН2ГМЮ***, Св-08ХМФА	АН-17М
С85/75, 12ХГН2МФБАЮ	Ручная	Э85 (УОНИ 13/65)	–	–

Продолжение табл. 52

Класс и марка стали	Способ сварки	Тип, марка		
		электрода (ГОСТ 9467-75)	сварочной проволоки (ГОСТ 2246-70)	флюса (ГОСТ 9087-81)
	Полуавтоматическая в среде CO_2	-	Св-10ХГ2СМА	-
	Автоматическая под флюсом	-	Св-08Н2ГМЮ, Св-08ХМФА	АН-17М

* Нельзя применять в плохо вентилируемых помещениях и емкостях.

** По ТУ 14-4-468-73.

*** При сварке проволокой диаметром менее 3 мм применяется флюс с мелкой грануляцией АН-348-АМ и ОСЦ-45М.

С целью повышения технологической прочности сварных соединений стали класса С60/45 толщиной свыше 30 мм, а также стали классов С70/60 и С85/75 толщиной свыше 25 мм при сварке многослойных швов корневой шов рекомендуется выполнять электродами марки УОНИ13/45.

Диаметр электрода следует выбирать в зависимости от толщины металла, величины катета, пространственного положения шва и номера слоя. Для сварки тонкого металла (до 4 мм), подварки корня шва, подварки дефектов наиболее часто применяются электроды диаметром 3 мм. Электроды диаметром 4 мм обычно применяют для сварки металла толщиной 4-8 мм, наложения второго и третьего слоев при сварке многослойных швов. Для выполнения швов в нижнем положении при

заполнении разделки применяют электроды диаметром 5 мм.

2.92. Ручную электродуговую сварку, а также механизированную сварку конструкций из сталей класса С60/45 и выше следует осуществлять с предварительным подогревом зоны выполнения сварки в соответствии с указаниями пп. 2.101 и 2.102.

2.93. Для автоматической и полуавтоматической сварки под флюсом высокопрочных сталей рекомендуется применять флюсы марки АН-17М по ЧМТУ 1-1017-70 или АН-22 по ГОСТ 9087–81 и сварочную проволоку по ГОСТ 2246–70 в соответствии с табл.55.

Для электрошлаковой сварки стали класса С60/45 марки 16Г2АФ надлежит применять флюс АН-22 по ГОСТ 9087–81 и сварочную проволоку Св-08ГА или Св-10Г2 по ГОСТ 2246–70.

Допускается применение для изготовления конструкций из стали марки 16Г2АФ электрошлаковой сварки плавящимся мундштуком с использованием флюса АН-22, сварочной проволоки Св-10ГН и Св-10Г2 и водоохлаждаемых формирующих устройств.

Флюс перед сваркой необходимо прокалить по режиму прокалки электродов. Порядок подачи флюса к рабочему месту такой же, как и электродов.

2.94. Полуавтоматическая сварка в среде CO_2 сталей повышенной и высокой прочности осуществляется сварочной проволокой, марка которой назначается по ГОСТ 2246-70*.

В табл. 55 приведены рекомендуемые для сварки соединений сталей повышенной и высокой прочности марки сварочной проволоки.

Углекислый газ перед употреблением должен быть просушен и иметь точку росы не выше минус 34°С.

Сварочная проволока должна иметь сертификаты завода-изготовителя, очищена от ржавчины, жиров и других загрязнений и прокалена при температуре 150-200°С в течение 2 ч.

С целью повышения технологической прочности сварных соединений из высокопрочной стали толщиной свыше 25 мм корневые швы стыковых и многослойных

угловых швов с катетом 16 мм и более рекомендуется выполнять при автоматической сварке под флюсом АН-17М проволокой Св-08ГА, при полуавтоматической сварке в среде CO_2 - проволокой Св-08Г2А.

Выполнение корневого шва электродами УОНИ 13/45 разрешается при всех способах сварки высокопрочных сталей.

2.95. Оборудование для ручной электродуговой, полуавтоматической в углекислом газе и автоматической под слоем флюса сварки представлено в табл. 53.

Таблица 53

Способ сварки	Сварочное оборудование	
	источники питания	сварочный аппарат
Ручная электродуговая	Преобразователи: однопостовые: ПСО-300, ИД-300, НС-500 многопостовые ПСМ-1000 выпрямители: однопостовые ВСС-300, ВКС-500 многопостовые ВКСМ-1000, ВДМ-1601, ВДМ-3001	Электрододержатели пружинные и винтовые
Полуавтоматическая в среде CO_2	Преобразователи ПСГ-350, ПСГ-500, ПСУ-500 Выпрямители: однопостовые ВД1-601, ВС-600 многопостовые ВМГ-5000	Полуавтоматы А-537, А-547У, А-929, А-1230, А-1197, А-138У, А-1035

Продолжение табл. 53

Способ сварки	Сварочное оборудование	
	источники питания	сварочный аппарат
Автоматическая под флюсом	Преобразователи ПС-1000 Выпрямители: однопостовые ВКСМ-1000, ВДУ-1001 многопостовые ВМГ-5000	Тракторы ТС-17М, АДС-1000-А, АДФ-1004, ТС-35, ДТС-38
Электрошлаковая	Трансформатор ТШС-1000-3	Аппараты А-820М, А-612, А-681, А-535

Электрошлаковая сварка конструкций осуществляется аппаратами А-820, А-612, А-681 и А-535, а электрошлаковая сварка плавящимся мундштуком - стационарно закрепленным трактором ТС-17М.

2.96. Швы и разделка кромок под сварку выполняются в соответствии с действующими ГОСТами:

при ручной электродуговой сварке - по ГОСТ 5264-80 и ГОСТ 11534-75;

при полуавтоматической в среде углекислого газа - по ГОСТ 14771-76;

при автоматической и полуавтоматической под слоем флюса - по ГОСТ 8713-79 и ГОСТ 11533-75.

2.97. Наиболее распространенные виды швов, разделка кромок и режимы сварки для стыковых соединений конструкций из высокопрочных сталей представлены в табл. 54-56.

Режимы ручной дуговой сварки конструкций выбираются в соответствии с рекомендованными для конкретных марок электродов; режимы автоматизированных способов сварки выбираются в зависимости от вида конструкции, толщины металла и диаметра сварочной проволоки.

Таблица 54

Швы, разделки кромок и режимы при ручной электродуговой сварке

Форма подготовленных кромок по ГОСТ 5264–80	Характер выполненного шва	Пределы толщин свариваемых деталей, мм	Положение шва	Диаметр электрода, мм	Ток, А	Скорость сварки одного слоя, м/ч
Без скоса кромок	Двухсторонний С4	2–8	Нижнее	3	80–110	3,5–4,5
				4	140–160	4,5–5,5
			Потолочное	3	70–90	3,5–4,5
Со скосом одной кромки	Односторонний С5 или двусторонний С8	4–26	Нижнее	4	140–160	4,5–5,5
				5	180–200	5,6–6,5
			Вертикальное	4	100–130	4,5–5,5
			Потолочное	4	120–140	4,5–6,5
Со скосом двух кромок	Односторонний С15 или двусторонний С18	3–50	Нижнее	6	210–240	6,5–7,5
				5	170–200	5,5–6,5
				4	140–160	4,5–5,5
С двумя симметричными скосами кромки	Двусторонний С11	12–60	Вертикальное	4	100–130	4,5–5,5
				5	130–170	4,6–5,5
			Потолочное	4	120–140	4,5–5,5
						4,5–6,5

Продолжение табл. 54

Форма подготовленных кромок	Характер выполненного шва	Пределы толщин свариваемых деталей, мм	Положение шва	Диаметр электрода, мм	Ток, А	Скорость сварки одного слоя, м/ч
по ГОСТ 5264–80						
С двумя симметричными скосами двух кромок	Двусторонний С21	12–60	Нижнее	5	170–200	5,5–6,5
				6	210–248	6,5–7,5
				4	120–140	4,5–5,5
				5	150–180	4,5–6,5

Примечание. Указанные режимы сварки должны обеспечивать получение за один проход наплавленного валика площадью поперечного сечения не менее 0,35–0,4 $см^2$ (соответствующей угловому шву с катетом 8–9 мм) и должны соблюдаться как при сварке основных швов, так и в случае приварки сборочных приспособлений.

Таблица 55

Швы, разделка кромок и режимы при автоматической сварке под флюсом

Форма подготовленных кромок по ГОСТ 8713–79	Характер выполненного шва	Пределы толщин свариваемых деталей, мм	Диаметр электродной проволоки, мм	Ток, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки одного слоя, м/ч
Со скосом одной кромки	Двусторонний С9 или односторонний на флюсовой подушке С1	14–20	4	500–600	33–36	21,5
			5	700–750	34–38	25,0
		8–20	4	500–600	33–36	21,5
			5	700–750	34–38	25
Со скосом двух кромок	Двусторонний С13 или односторонний на флюсовой подушке С17	14–24	4	550–600	33–36	21,5
			5	700–750	34–38	25
		8–24	4	550–600	33–36	21,5
			5	700–750	34–38	25
С двумя симметричными скосами одной кромки	Двусторонний, С29	20–60	4	550–600	33–36	21,5
			5	700–750	34–38	25
С двумя симметричными скосами двух кромок	Двусторонний С30 или двусторонний на флюсовой подушке С31	20–60	4	550–600	33–36	21,5
			5	700–750	34–38	25

Таблица 56

Швы, разделка кромок и режимы при полуавтоматической сварке в среде CO_2

Форма подготовленных кромок по ГОСТ 14711–69	Характер выполненного шва	Пределы толщин свариваемых деталей, мм	Диаметр электродной проволоки, мм	Ток, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки одного слоя, м/ч	Вылет электродов, мм	Расход газа, л/мин
Без скоса кромок	Односторонний или односторонний на съемной подкладке С2 и С4	1–6	1,6	260–280	26–30	7	12–18	12–18
		2–8	2	420–440	30–32	14	12–20	15–20
	или двусторонний С7	3–10	1,6	260–280	26–30	7	12–18	12–18
			2	420–440	30–32	14	12–20	15–20
Со скосом одной кромки	Односторонний С8 или двусторонний С12	8–30	1,6	260–280	26–30	7	12–18	12–18
			2	420–440	30–32	14	12–20	15–20
Со скосом двух кромок	Двухсторонний С21 или односторонний С17	8–30	1,6	260–280	26–30	7	12–18	12–18
			2	420–440	30–32	14	12–20	15–18
С двумя симметричными скосами одной кромки	Двусторонний С15	12–100	1,6	260–280	26–30	7	12–18	12–18
			2	420–440	30–32	14	12–20	15–20
То же, но двух кромок	Двусторонний С25	12–200	1,6	260–280	26–30	7	12–18	12–18
			2	420–440	30–32	14	12–20	15–20

Таблица 57

Толщина стали, мм	Минимально допустимая температура окружающего воздуха, °С, для ручной электродуговой сварки без предварительного подогрева		
	Конструкции из стали		
	до класса С52/40 (включительно)		класса С60/45
	решетчатые	листовые, объемные и сплошностенчатые	решетчатые, листовые, объемные и сплошностенчатые
До 15	-	-	-15
До 16 включительно	-20	-20	-
Свыше 15 до 25	-	-	0
Свыше 16 до 30	-10	0	-
Свыше 30 до 40	0	+5	-
Свыше 40	+5	+10	-

2.98. При сварке многослойных швов каждый предыдущий слой перед наложением последующего слоя должен быть очищен от шлака и брызг металла.

Перед наложением шва с обратной стороны для стыковых соединений (при ручной подварке и при двухсторонней ручной или полуавтоматической сварке) корень шва должен быть вырублен и зачищен. При двусторонней автоматической сварке корень шва должен быть очищен от грата и протеков.

2.99. Зажигание дуги на основном металле запрещается.

Кратеры швов при ручной электродуговой сварке необходимо выводить наплавленный металл и тщательно заваривать.

2.100. Сварку стыковых и тавровых соединений конструкций из сталей повышенной прочности и высокопрочной стали класса С60/45 толщиной свыше 30 мм и длиной швов более 1 м рекомендуется производить

"каскадным" методом или "горкой" с разбивкой каждого стыка на равные технологические участки (блоки) длиной 500–800 мм, а для конструкций из сталей класса С70/60 и выше – длиной 300–500 мм.

Сварка блоков выполняется одновременно или поочередно.

При многослойной сварке начало и конец каждого слоя в блоке следует смещать относительно предыдущего слоя на 20–30 мм. Стыковать блоки в местах пересечения швов не допускается.

2.101. Электродуговую сварку каждого технологического участка шва соединения высокопрочных сталей следует производить без перерыва до полного заполнения разделки шва при У-образной разделке кромок или не менее половины сечения при Х- и К- образной разделке. В случае вынужденного перерыва в работе начальный участок шва на длине 1–1,5 м необходимо подогреть до температуры не ниже 150°С и только после этого продолжать сварку.

2.102. При изготовлении конструкций, воспринимающих динамические и вибрационные нагрузки, а также предназначенных для эксплуатации в районах с расчетной температурой ниже минус 40°С, и в конструкциях из высокопрочных сталей классов С60/45 – С85/75 необходимо обратить особое внимание на выполнение плавного перехода от шва к основному металлу.

2.103. Ручную и полуавтоматическую сварку конструкций при температурах, указанных в табл. 57, и более низких температурах следует производить с подогревом зоны выполнения сварки до температуры 120–160°С на ширине 100 мм с каждой стороны соединения. Для подогрева используют газовые многопламенные горелки, индукторы.

Автоматическую сварку под флюсом конструкций из высокопрочных сталей следует производить при температуре не ниже минус 15°С для стали толщиной до 25 мм и не ниже 0°С – для стали толщиной 25 – 36мм. При более низких температурах сварку стали указанных толщин следует производить с предварительным подогревом свариваемого металла до температуры 120–

160°С. При толщине листа более 36 мм необходимо производить предварительный подогрев.

2.104. Ручную и полуавтоматическую сварку конструкций из листовой стали повышенной прочности толщиной до 16 мм при температуре окружающей среды, равной или ниже минус 20°С, толщиной до 30 мм при температуре, равной или ниже 0°С, толщиной до 40 мм при температуре, равной или ниже плюс 5°С, и толщиной более 40 мм при температуре, равной или ниже плюс 10°С, следует производить с подогревом зоны выполнения сварки до температуры 120–160°С на ширине 100 мм с каждой стороны.

2.105. Ручную и полуавтоматическую сварку конструкций из стали класса С60/45 толщиной до 15 мм или при температуре окружающей среды, равной или ниже минус 20°С, и толщиной до 25 мм при температуре 0°С и ниже следует производить с подогревом зоны выполнения сварки на ширине 100 мм с каждой стороны до температуры 120–160°С.

2.106. Сварку конструкций из высокопрочных сталей класса С70/60 и выше допускается производить при температуре окружающего воздуха не ниже плюс 5°С.

2.107. При ручной и полуавтоматической сварке конструкций из высокопрочных сталей толщиной более 25 мм рекомендуется производить предварительный и сопутствующий подогрев металла до температуры не ниже 120–160°С независимо от температуры воздуха.

Для предотвращения образования холодных трещин при сварке соединений из стали толщиной 25 мм и более класса С70/60 и выше должен производиться послесварочный подогрев соединений до 150–200°С в течение 0,5 ч. При этом до начала подогрева шов не должен остывать ниже 150°С.

2.108. Автоматическую сварку под флюсом конструкций из высокопрочных сталей следует производить при температуре не ниже минус 15°С для стали толщиной до 25 мм и не ниже 0°С – для стали толщиной 25 – 36 мм. При более низких температурах сварку стали указанных толщин следует производить с предварительным подогревом свариваемого металла до 120–

200°С. При толщине более 36 мм следует производить предварительный подогрев металла до 120–200°С независимо от температуры окружающего воздуха.

2.109. Конструкции, получившие при сварке остаточные деформации, превышающие требования главы СНиП III-18-75, должны быть выправлены. Правка может производиться путем механического воздействия. Правка высокопрочных сталей с подогревом выше 900°С запрещается.

2.110. Возможность применения электрошлаковой сварки для изготовления элементов конструкций из стали 16Г2АФ без последующей термообработки сварных соединений должна быть оговорена в проекте. Термообработка после электрошлаковой сварки должна производиться по следующему режиму: нагрев до 900°С; время нагрева принимается из расчета 2 мин на 1 мм толщины стали, охлаждение на воздухе.

2.111. После сварки швы, околошовная зона и другие участки сварного соединения должны быть очищены от шлака, брызг, металлической пыли и других загрязнений.

2.112. Контроль качества сварных швов следует производить по указаниям, данным в рабочих чертежах и в технических условиях на изготовление металлоконструкций, разработанных с учетом требований к качеству сварных соединений данного изделия.

Контроль производится следующими способами:

внешним осмотром и измерением размера; этим способом проверяются все швы;

рентгенографированием – по указаниям на рабочих чертежах;

проверкой ультразвуком – по указаниям на рабочих чертежах;

проверкой плотности швов керосином – по указаниям на рабочих чертежах, согласно требованиям п.1.54 главы СНиП III-18-75.

По внешнему виду сварные швы должны удовлетворять следующим требованиям:

иметь гладкую, мелкочешуйчатую поверхность без

наплывов, сужений, прожогов и перерывов и плавный переход к основному металлу;

наплавленный металл должен быть плотным по всей длине шва, не иметь поверхностных пор и подрезов.

Исправлению подлежат следующие дефекты:

несоответствие формы и размеров сварных швов чертежам или техническим условиям;

подрезы основного металла;

резкие переходы от основного металла к сварному шву;

незаделанные кратеры швов;

газовые поры и шлаковые включения;

трещины, непровары и прожоги;

перерывы швов.

Допускается удаление дефектных мест воздушно-дуговой строжкой с последующей зачисткой поверхности механическим способом до металлического блеска.

2.113. При обнаружении недопустимых дефектов в виде пор, шлаковых включений и мелких непроваров протяженностью до 100–150 мм, а также трещин небольшой протяженностью до 100–200 мм необходимо дефектные места удалить шлифовальными машинками с последующей заваркой дефектных мест.

Заварку дефектных мест в конструкциях из высокопрочных сталей необходимо производить после предварительного подогрева свариваемого металла по режиму, указанному в п. 2.100.

2.114. Трещины протяженностью от 200 мм и более, возникающие в сварных швах, должны исправляться в каждом отдельном случае по методическим рекомендациям главного сварщика или главного технолога.

2.115. Для сталей повышенной и высокой прочности допускается выборка дефектных мест воздушно-дуговой строжкой с последующей зачисткой кромок металла до металлического блеска.

2.116. Сварку и прихватку основных конструкций изделия должны производить дипломированные сварщики, прошедшие теоретическую подготовку и практическое обучение и выдержавшие испытания в соответствии с требованиями ТУ и „Правил аттестации сварщиков" Госгортехнадзора СССР от 2 июня 1971 г. и имеющие удостоверения на право выполнения ответственных работ.

Содержание

	Стр.
Предисловие	3
1. Строительные стали повышенной и высокой прочности	4
Свойства стали по ГОСТам и ТУ	4
Технологические свойства стали	7
2. Технологические операции обработки металлопроката, режимы и оборудование	10
Термическая резка листовой стали повышенной и высокой прочности	10
Механическая резка проката	34
Правка листового проката	48
Гибка по радиусу листового проката	59
Фрезерование и строгание	89
Образование отверстий	98
Сборка и сварка	119

ЦНИИПроектстальконструкции

Госстроя СССР

Руководство по обработке
сталей с пределом текучести
285–735 МПа

Редакция инструктивно-нормативной литературы
Зав. редакцией Л.Г. Бальян
Редактор С.В.Беликина
Технический редактор Н.Е.Поплавская
Корректоры А.В.Федина, В.И. Галюзова
Н/К

Подписано в печать 09.02.84 Т– 20127 Формат 84x108 1/32
Набор машинописный Бумага офсетная № 2 Печать офсетная
Усл.печ.л. 7,35 Усл.кр.-отт. 7,56 Уч.-изд.л. 6,09
Тираж 5000 экз. Изд. № ХП–9519 Зак. № 182. Цена 30 коп.

Стройиздат, 101442, Москва, Каляевская, 23а

Тульская типография Союзполиграфпрома
при Государственном комитете СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
т Ленина, 109

gost.e-ecolog.ru