

А. А. ПРОТАСОВ

ПРОКАТКА СОРТОВЫХ ПРОФИЛЕЙ

(СПРАВОЧНОЕ РУКОВОДСТВО)



ГОСУДАРСТВЕННОЕ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛИТЕРАТУРЫ ПО ЧЕРНОЙ И ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Москва 1964

АННОТАЦИЯ

Приведены основные сведения о технологии производства сортовой стали, основном и вспомогательном оборудовании сортопрокатных станов.

Освещаются вопросы расчета технологических параметров горячей прокатки и калибровки прокатных валков для простых и фасонных профилей, а также рассматриваются факторы, влияющие на технико-экономические показатели, касающиеся производительности станов, удельного расхода металла, топлива, электроэнергии и валков на одну тонну годного.

Книга предназначена в качестве справочного руководства для рабочих ведущих цехов и мастеров сортопрокатных цехов металлургических заводов.

Автор *ПРОТАСОВ Анатолий Александрович*
Редактор *Ю. М. Прокофьев*
Редактор издательства *Е. И. Левит*
Технический редактор *Е. Б. Вайнштейн*
Обложка художника *А. А. Левитского*

Сдано в производство 8/VIII 1963 г. Подписано в печать 10/XI 1963 г.
Бумага 84 × 108¹/₃₂ = 2,88 бум. л. = 9,43 печ. л. (усл.) У. изд. л. 9,72
Изд. № 3394

T-14264 Тираж 2300 экз. Заказ 1690 Цена 34 коп.
Бланк заказов 1963 г. № 12

Металлургиздат
Москва Г-34, 2-й Обыденский пер., 14
Типография Металлургиздата, Москва, Цветной б., 30

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	5
ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ОБРАБОТКЕ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ	7
Свойства металлов и сплавов	7
Классификация сталей	13
Основные виды обработки металлов давлением	15
ОСНОВНЫЕ ТИПЫ СОРТОПРОКАТНЫХ СТАНОВ	17
Классификация и характеристика сортопрокатных станов	17
Сортамент проката в сортопрокатных цехах	30
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ	31
Закон постоянства объема. Очаг деформации	31
Уширение	37
Опережение	40
Силовые условия процесса прокатки	40
НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ТЕОРИИ КАЛИБРОВКИ ВАЛКОВ	47
Определение и задачи калибровки	47
Классификация калибров	47
Элементы калибра и его построение	50
Расположение калибров на валках	52
Методика расчета калибровки	55
КАЛИБРОВКА ВАЛКОВ ДЛЯ ПРОКАТКИ ПРОСТЕЙШИХ ПРОФИЛЕЙ	58
Калибровка валков подготовительных клетей	58
Калибровка круглых профилей	68
Калибровка квадратных профилей	70
Калибровка валков для прокатки шестигранной стали	71
Калибровка валков для прокатки полосы	72
КАЛИБРОВКА ВАЛКОВ ДЛЯ ПРОКАТКИ ФАСОННЫХ ПРОФИЛЕЙ	78
Калибровка валков для прокатки угловых профилей	78
Калибровка фланцевых профилей	81
Калибровка валков для прокатки рельсов	93
СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ КАЛИБРОВКИ ВАЛКОВ	97
Монтаж калибров на валках	97
Основные сведения по нарезке калибров на валках	98
Особенности калибровки валков для прокатки труднодеформируемых сталей и сплавов	98
Допуски при прокатке	100

ОСНОВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ СОРТОПРОКАТНЫХ СТАНОВ	102
Устройство рабочих клеток	102
Валковая арматура	118
ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ СОРТОПРОКАТНЫХ СТАНОВ	134
Рольганги	134
Манипуляторы и кантователи	135
Ножницы	135
Пилы горячего резания	140
Правильные машины	141
Моталки	145
Холодильники и транспортеры	146
Соединительные шпиндели и муфты	149
Шестеренные клетки и редукторы	151
АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОКАТКИ	152
Основные приборы автоматического управления	153
ВИДЫ БРАКА ПРИ ПРОКАТКЕ И ПУТИ ЕГО УМЕНЬШЕНИЯ	157
ПОДГОТОВКА МЕТАЛЛА К ПРОКАТКЕ И ОТДЕЛКА ПРОКАТА	175
ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ СОРТОПРОКАТНЫХ СТАНОВ	177
Общие понятия о себестоимости прокатных изделий и технико-экономических показателей	177
Методы подсчета производительности основных агрегатов сортопрокатных станков	179
Литература	184

ПРЕДИСЛОВИЕ

Развитие прокатного производства за последнее десятилетие основывается на использовании современных достижений науки и техники, что позволяет организовать его с минимальным использованием рабочей силы путем автоматического управления агрегатами, эксплуатации непрерывных станков с максимально возможными скоростями прокатки, полной механизации всех трудовых процессов и автоматического контроля всех технологических операций. Все это приводит к значительному росту прокатного производства.

Условия труда рабочих ведущих профессий и мастеров в сортопрокатных цехах резко изменились. Рабочему и мастеру приходится иметь дело с новейшим технологическим оборудованием. Понятно поэтому, что нужна литература, в которой были бы кратко изложены все необходимые сведения.

В этом справочнике рассматриваются лишь те вопросы, которые непосредственно касаются технологии прокатного производства, исключая нагрев стали и сплавов перед прокаткой. Такая организация материала должна, по нашему мнению, помочь читателю достаточно быстро найти ответ на любой конкретный вопрос, возникший в процессе работы.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ОБРАБОТКЕ МЕТАЛЛА ДАВЛЕНИЕМ

Свойства металлов и сплавов

Рассматриваются лишь те свойства металлов и сплавов, которые приходится учитывать непосредственно при обработке металлов давлением. Различают следующие свойства металлов и сплавов: физические (табл. 1), механические (табл. 2) и химические, кроме того, технологические свойства, имеющие значение производственной характеристики материала.

Физические свойства

Удельный вес (γ) — вес 1 см³ вещества в граммах.

Удельный вес стали зависит от ее химического состава. Кроме того, удельный вес меняется в зависимости от способа термической обработки стали (закалки, наклепа).

Теплопроводность (λ) — способность тела проводить тепло, измеряется количеством тепла, проходящим по металлическому стержню длиной 1 см, сечением 1 см² за 1 сек. при разности температур в 1° С.

Коэффициент линейного расширения (α) — отношение линейного размера полосы при увеличении температуры ее на 1° С к исходному линейному размеру. При расчетах калибровок коэффициент линейного расширения принимается равным $12 \cdot 10^{-6}$. Для определения линейных размеров геометрических фигур при различных температурах следует пользоваться формулой

$$\frac{h_t}{h_x} = \frac{b_t}{b_x} = \frac{l_t}{l_x} = 1 + 0,000012t,$$

где h_x, b_x, l_x — соответственно толщина, ширина и длина тела при комнатной температуре; h_t, b_t, l_t — толщина, ширина и длина тела при температуре $t^\circ \text{С}$

Для различных температур это отношение составляет различную величину:

$t^\circ \text{С}$	$1 + \alpha t$
800	1,010
900	1,011
1000	1,012
1100	1,013
1200	1,0145

Механические свойства

Механические свойства металла характеризуются следующими величинами.

Предел упругости σ_e — напряжение, при котором впервые появляются остаточные деформации определенной величины.

Предел прочности σ_b — напряжение, соответствующее наибольшей нагрузке, после которой начинается разрушение образца

Твердость — способность металла сопротивляться проникновению в него другого тела. Существует несколько методов определения твердости.

По методу Бринеля в испытуемый металл под действием нагрузки (P) вдавливается стальной закаленный шарик. Твердость по Бринелю определяется отношением нагрузки к площади полученного отпечатка (кг/мм^2). Величину нагрузки и диаметр шарика изменяют в зависимости от толщины образца. Способ Бринеля применяют для металлов с твердостью до 450 кг/мм^2 (диаметр шарика 10 мм , нагрузка 3000 кг). При большей твердости шарик деформируется.

Способ Роквелла более удобен, так как позволяет испытывать металл любой твердости. В испытуемый металл в зависимости от его твердости вдавливаются стальной закаленный шарик или алмазный конус. Этот способ позволяет измерять твердость в пределах $140\text{--}700 \text{ кг/мм}^2$.

Ударный метод заключается в том, что на поверхность испытуемого металла падает с определенной высоты стальной боек с алмазным наконечником. По высоте отскакивания бойка судят о твердости материала. Такой прибор называется склероскопом Шора. В сортопрокатных цехах для определения твердости прокатных чугунных валков наибольшее распространение получил переносный прибор Полюди, работающий по принципу вдавливания шарика после удара молотком по бойку.

Ударная вязкость — работа (кгм), затраченная на разрушение при изгибе образца, отнесенная к поперечному сечению образца. Сущность испытания заключается в следующем. Стандартный образец укладывают между опорами и подвергают удару свободно падающим маятником.

Химические свойства

Основное химическое свойство стали — способность металла окисляться, т. е. соединяться с кислородом воздуха, влаги и т. п., или сопротивляться разрушению.

Разрушение поверхности под действием окружающей среды называется *коррозией*.

К химическим свойствам относится также способность стали образовывать окалину при нагреве в окислительной атмосфере.

Сопротивление стали коррозии и окалинообразованию определяется изменением веса образцов за единицу времени, отнесенным к единице поверхности.

ТАБЛИЦА I

Марка и ха- рактеристика	Удельный вес, г/см ³	Коэффициент линейного расширения (средний) α 10 ⁶				Коэффициент теплопровод- ности, ккал/см сек.-град				Удельная теплоемкость, ккал/г.-град			
		Температура, °С				Температура, °С				Температура, °С			
		200—100	20—200	20—400	20—600	100	200	300	400	100	200	400	60
08	7,83	11,6	12,6	13,0	14,6	0,193	0,165	0,123	0,109	0,111	0,114	0,122	0,135
10	7,83	11,6	12,6	13,0	14,6	0,193	0,165	0,123	0,109	0,110	0,114	0,122	0,135
15	7,82	11,9	12,5	13,6	14,2	0,185	0,158	0,112	0,099	0,112	0,114	0,123	0,136
20	7,82	11,1	12,1	13,4	14,4	0,186	0,159	0,114	0,100	0,112	0,115	0,128	0,136
25	7,82	11,1	12,3	13,3	14,3	0,180	0,154	0,105	0,091	0,112	0,115	0,128	0,136
30	7,817	12,6	13,9	15,0	15,6	0,180	0,154	0,105	0,091	0,112	0,115	0,128	0,136
55	7,82	(100°) 11,0	(200°) 11,8	(400°) 13,4	(600°) 14,5	0,162	0,132	0,084	0,075	0,112	0,115	0,128	0,136
60	7,8	11,1	11,9	13,5	14,6	0,162	0,127	0,086	0,072	0,115	0,116	0,126	0,136
65	7,81	11,8	12,6	13,3	14,0	0,162	0,125	0,086	0,073	0,115	0,116	0,126	0,136
70	7,81	11,5	12,3	13,0	13,8	0,162	0,125	0,087	0,087	0,115	0,116	0,126	0,136
15Г	7,81	—	13,2	14,9	16,5	0,185	0,159	0,113	—	0,112	0,114	0,123	0,136
			(25— 300°)	(25— 600°)	(500— 600°)					0,115	0,128		
50Г	7,80	11,6	11,9	13,8	14,6	—	0,091	0,090	0,087	0,113	0,115	0,125	0,130
15Х	7,83	11,3	11,6	13,2	14,2	—	—	—	—	—	—	—	—
35Х	7,82	13,4	13,3	14,8	14,8	0,110	0,104	0,092	0,0827	—	—	—	—
25Н	7,80	12,2	12,2	13,8	14,4	0,12	0,116	0,110	0,10	—	—	—	—
40Н	7,84	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
40ХН	7,82	11,8	12,3	13,4	14,0	—	0,107	0,102	0,098	—	—	—	—
									0,094 (600°)	—	—	—	—
35ХС	7,74	11,7	12,7	14,0	14,8	0,088	0,085	0,083	0,080	—	—	—	—

Марка и ха- рактеристики стали	Удельный вес, г/см³	Коэффициент линейного расширения (средний) $\alpha \cdot 10^6$					Коэффициент теплопровод- ности, кал/см·сек·град					Удельная теплоемкость кал/г·град									
		Температура, °C					Температура, °C					Температура, °C									
		20—100		20—200		20—400	20—600		100		200		300	400		100		200		400	60
18ХНВ	7,94	14,5 (100°)	14,5 (200°)	14,3 (400°)	14,2 (600°)	0,057 (70°)	0,06 (230°)	0,067 (530°)	0,058 (900°)	0,116 (70°)	0,123 (230°)	0,185 (535°)	—								

Шарикоподшипниковая сталь

IIIK6	7,74— 7,81	—	—	—	—	—	—	—	—
IIIX9	7,74— 7,76	13,0 (100°)	13,9 (200°)	15,0 (400°)	15,2 (600°)	—	—	—	—
IIIX10	7,80	13,0 (100°)	13,9 (200°)	15,0 (400°)	15,2 (600°)	—	—	—	—
IIIX15	7,80	14,0 (100°)	15,1 (200°)	15,6 (400°)	15,8 (600°)	—	—	—	—

Инструментальная сталь

Y13 (после отжига)	—	—	—	0,093 (46°)	0,087 (210°)	0,055 (526°)	—	—	0,95 (49°)	0,187 (194°)	0,178 (730°)
X12 (после отжига)	—	—	—	0,071 (33°)	0,08 (180°)	0,067 (481°)	—	—	—	—	—

Продолжение

Марка и характеристики	Удельный вес, г/см ³	Коэффициент линейного расширения (средний) $\alpha \cdot 10^6$				Коэффициент теплопроводности, кал/см·сек·град				Удельная теплоемкость, кал/г·град			
		Температура, °C				Температура, °C				Температура, °C			
		200—100	20—200	20—400	20—600	100	200	300	400	100	200	400	60
X12 (нормализация)	—	—	—	—	—	0,047 (102°)	0,051 (245°)	—	—	0,107 (34°)	0,118 (248°)	0,184 (542°)	—
3XB8 (нормализация)	—	—	—	—	—	0,047 (78°)	0,053 (238°)	0,059 (749°)	—	0,112 (81°)	0,125 (241°)	0,164 (537°)	—

Нержавеющие и кислотостойкие стали

	7,75	—	—	10,2	0,055 (29°)	0,052 (277°)	0,057 (662°)	—	0,167	—	—	—
1X13	7,75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
X17	7,75	—	—	—	—	—	—	—	0,157	—	—	—
X25	7,57	—	—	—	—	—	—	—	0,151	—	—	—
					0,111 (20°)	—	—	—	—	—	—	—
1X18H9	7,90	—	—	—	0,04 (20°)	—	—	—	—	0,124	—	—
X17H2	7,75	—	—	—	—	—	—	—	—	0,115	—	—
1X18H9T	7,95	—	—	—	—	—	—	—	—	0,128	—	—
X23H18	7,95	—	—	—	—	—	—	—	—	0,128	—	—

ТАБЛИЦА 2

Марка стали	Температура испытания °С	Предел прочности кг/мм ²	Удлинение, %	Сужение поперечного сечения %	Ударная вязкость кг/см ²	Твердость НВ
15	20	43,9	32,9	71,4	24,6*	43
	100	46,9	22,2	64,2	25,4*	111
	200	49,5	21,5	60,5	18,5*	126
	1100	2,4	57,5	99,8	8,2*	7
18НВА	20	122,0	13,3	56,7	14,69	388
	200	115,8	12,7	54,5	13,08	—
	1000	4,9	51,5	82,7	16,48	19
У7	20	63,7	21,5	37,7	1,84	—
	1000	3,1	59,1	97,5	15,73*	—
У12А	12	60,0	24,0	40,6	1,25	156
	600	13,5	47,4	77,5	4,08	77
	1000	2,4	37,8	60,8	14,56*	13
Р18 (образцы из слитка)	20	69,2	0,59	2,83	0,65	—
	800	24,2	34,7	43,8	1,01	—
	1000	11,4	14,8	14,3	1,17	—
	1200	2,92	20,4	32,5	4,74	—
1Х13	20	53,8	30,6	66,0	12,55	131
	600	16,5	40,6	79,6	23,57*	71
	1000	3,7	68,0	66,0	14,65*	23
Х28	20	54,1	28,1	70,6	0,97	160,5
	100	50,4	24,2	66,0	1,87	157,5
	1000	1,1	147,7	99,5	15,38*	12,45
1Х25Ю5	20	56,7	29,6	7,1	0,47	—
	200	73,8	60,2	24,5	21,52	—
	1000	2,05	99,3	247,0	14,27*	—
1Х18Н9	20	64,5	65,6	78,0	34,93	160
	200	54,7	42,0	75,7	25,43	118,5
	1000	3,9	56,1	60,4	19,01*	29,9
Х23Н18	700	34,0	34,8	44,0	15,48	—
	900	10,8	56,4	63,1	13,25	—
	1000	4,07	45,1	71,9	12,45	—
Х15Н60	20	74,0	32,6	56,7	16,82	—
	900	8,62	38,1	49,3	9,02	—
	1150	2,94	48,0	48,0	3,20	—
Х20Н80	20	66,7	45,4	61,0	37,5*	—
	700	44,5	44,0	40,2	25,72	—
	1000	7,32	70,0	62,5	23,17	—

* Образцы разрушались.

Примечание. Механические свойства сталей указанных марок приведены по данным М. Я. Дзугутова

Технологические свойства
(производственная характеристика материала)

Пластичность — способность металла под действием внешних сил деформироваться без разрушения и давать остаточную деформацию (сохраняющуюся после прекращения действия внешних сил). Пластичность стали (δ) может характеризоваться величиной относительного удлинения, определяемого, как отношение (%) приращения длины образца к его первоначальной длине

$$\delta, \% = \frac{\Delta l}{l} \cdot 100$$

Ковкость — способность металла без разрушения подвергаться обработке давлением (ковка, прокатка, прессование и др.). Ковкость металла зависит от его пластичности

Износостойкость — способность металла сопротивляться истиранию, разрушению поверхности или изменению размеров под действием трения

Обрабатываемость — способность металла обрабатываться различными режущими инструментами

Технологические пробы определяют способность металла обрабатываться давлением при температурах прокатки и позволяют вскрывать дефекты металла в производственных условиях производят пробы на загиб и осадку

Проба на загиб определяет способность металла принимать заданный по форме и размерам изгиб. В зависимости от состава, состояния и размеров испытуемого образца изгиб производится на различных углах. Испытанный образец считается пластичным, если в месте изгиба отсутствуют трещины, надрывы или расслоения. Испытание на осадку в горячем или холодном состоянии применяют для вскрытия внутренних дефектов металла и определения способности его к деформированию без разрушения. Высота образца при испытании на осадку должна быть в два раза больше стороны или диаметра его сечения ($H = 2d$)

Классификация сталей

По химическому составу стали делятся на углеродистые и легированные.

Углеродистые стали по содержанию углерода делятся на низкоуглеродистые с содержанием не более 0,3% С, среднеуглеродистые 0,3—0,65% С и высокоуглеродистые 0,65—1,5% С

Легированные стали делятся на низколегированные с суммарным содержанием легирующих элементов до 4%, среднелегированные от 4—5 до 8—10% и высоколегированные от 8—10 до 50%

Высоколегированные сплавы содержат более 50% легирующих элементов

По назначению все стали можно разделить на конструкционные, инструментальные и стали с особыми физическими свойствами (специальные стали)

Среди сталей с особыми физическими свойствами значительное распространение имеют окалиностойкие стали, теплоустойчивые стали и сплавы с высоким омическим сопротивлением.

Окалиностойкие (жаростойкие) стали имеют высокую стойкость против окисления в воде, в парах различных веществ, в кислотных растворах и др.

Теплоустойчивые (жаропрочные) стали обладают значительной прочностью и окалиностойкостью при высоких температурах.

Обозначение марок сталей

Принятая в Советском Союзе система обозначения марок сталей связана с их химическим составом и физическими свойствами.

Углеродистые стали. Марки сталей обыкновенного качества, поставляемых по механическим свойствам (группа А, ГОСТ 380—60), обозначаются: Ст. 0, Ст. 1, Ст. 2, Ст. 3, Ст. 4, Ст. 5, Ст. 6, Ст. 7. Цифры обозначают содержание углерода в сотых долях процента.

Марки сталей обыкновенного качества, поставляемых по химическому составу (группа Б по ГОСТ 380—60), обозначаются: мартовская сталь — МСт. 0, МСт. 1, МСт. 2, МСт. 3, МСт. 4, МСт. 5, МСт. 6, МСт. 7; бессемеровская сталь — БСт. 0, БСт. 4, БСт. 5, БСт. 6.

Марки конструкционных качественных сталей (по ГОСТ 1050—60) обозначаются: 05кп, 08кп, 08, 10кп, 10, 15кп, 15, 20кп, 20 и т. д.

Марки инструментальных качественных сталей (по ГОСТ 1435—54) обозначаются: У7, У8 и т. д. до У13 (буква У — углеродистая; цифры — среднее содержание углерода, измеряемое десятками долями процента).

Для обозначения инструментальной высококачественной стали справа от цифры ставится буква А (У10А, У8ГА).

Легированные стали. Для маркировки легированных сталей легирующим элементам присвоены следующие буквенные обозначения:

Алюминий — Ю	Молибден — М
Бор — Р	Никель — Н
Ванадий — Ф	Ниобий — Б
Вольфрам — В	Титан — Т
Кобальт — К	Фосфор — П
Кремний — С	Хром — Х
Марганец — Г	Цирконий — Ц
Медь — Д	

Обозначения марок легированной стали составляют из букв, соответствующих обозначениям легирующих элементов. При этом, если содержание элемента не превышает 1%, то обозначающая его буква не сопровождается справа цифрой (ХВГ), если же содержание элемента более 1%, то справа от буквы ставится цифра примерного его содержания, измеряемого в процентах (ХВ5).

Для обозначения конструкционных высококачественных сталей после букв, обозначающих легирующие элементы, ставится прописная буква А (качественная сталь — 12Х2Н4, высококачественная сталь — 12Х2Н4А).

Некоторые группы специальных легированных сталей имеют обозначения, характеризующие их назначение:

А — автоматные стали; Р — быстрорежущие стали, Ш — шарикоподшипниковые стали; Э — электротехнические стали; Е — стали для постоянных магнитов.

За этими буквами следуют буквы и цифры, характеризующие химический состав или физические свойства стали.

Экспериментальные осваиваемые стали обозначаются буквами ЭИ и ЭП, за которыми следует порядковый номер стали.

Основные виды обработки металлов давлением

Для получения из металлов и сплавов изделий различной формы применяются различные способы производства, основными из которых являются: ковка, штамповка, прокатка.

Ковка (рис. 1) — деформация металла бойками молота; нижний боек обычно неподвижен, а верхний совершает возвратно-поступательные движения (вниз и вверх). Основными операциями свободной ковки являются: осадка, вытяжка, прошивка, гибка, закручивание, рубка, кузнечная сварка, правка и отделочные операции.

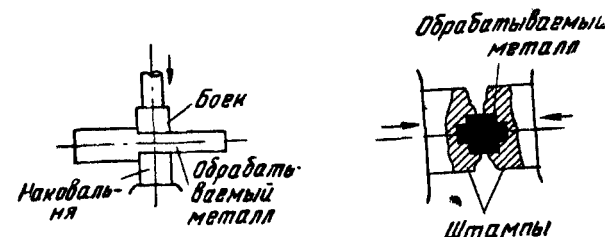


Рис. 1. Схема ковки под молотом

Рис. 2. Схема штамповки

Ковка применяется для получения штучных изделий, а также для обработки труднодеформируемых сталей и сплавов. Ковка производится на молотах и ковочных прессах.

Штамповка (рис. 2) — разновидность ковки; бойками при этом служат специальные штампы, в которых вырезаны ручки. При совме-

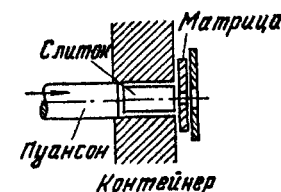


Рис. 3. Схема прессования

щении верхнего и нижнего штампов последние образуют форму, соответствующую форме изделия. Как и при ковке, нижний штамп неподвижен, а верхний совершает возвратно-поступательные движения. Под действием силы удара металл заполняет фигуру штампа, образуя нужное изделие. Избыток металла выходит в зазоры штампа в виде заусенца — «облоя». Штамповка широко применяется при изготовлении фасонных деталей сложной формы с высокой точностью размеров.

Прессование (рис. 3) — выдавливание нагретого металла через отверстие матрицы простой или сложной формы. Прессование широко применяется для обработки цветных металлов, а в последнее время для получения сложных профилей из труднодеформируемых сталей и сплавов.

Прокатка — продольная, поперечная и косоугольная. Продольная прокатка (рис. 4) — обжатие металла между двумя валками, вращающимися в разные стороны. Металл вытягивается силами трения в щель между валками, при этом уменьшается его высота и увеличиваются его длина и ширина. Для придания металлу необходимой формы (круглой, квадратной, фасонной) валки врезают ручьи, образующие калибры. Металл, проходя через

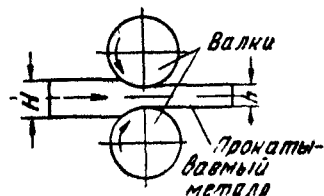


Рис. 4 Схема продольной прокатки

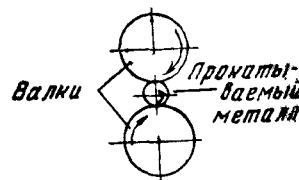


Рис. 5 Схема поперечной прокатки

калибры, приобретает их форму. Этот вид прокатки наиболее широко распространен.

При поперечной прокатке (рис. 5) прокатные валки вращаются в одну сторону. При каждом обороте валков заготовка поворачивается несколько раз и за каждый ее оборот она обжимается валками по сечению и удлиняется.

При косоугольной прокатке металл поступает в валки вдоль их оси, благодаря косоугольному расположению валков (оси валков находятся под некоторым углом по отношению друг к другу) металл имеет, кроме вращательного, также и поступательное движение. Принцип косоугольной (винтовой) прокатки получил широкое распространение при прокатке труб.

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ СОРТОПРОКАТНЫХ СТАНОВ

Классификация и характеристика сортопрокатных станов

Современный сортопрокатный стан является мощным высокопроизводительным агрегатом, состоящим из многих машин и механизмов, выполняющих ряд последовательных и взаимосвязанных между собой операций и работающих по поточному, а на наиболее со временных установках по непрерывному принципу.

Сортовые прокатные станы можно классифицировать по трем признакам: по назначению, по расположению рабочих клетей, по конструкции рабочих клетей.

Классификация сортопрокатных станов по назначению

Назначение стана определяется прокатываемым сортаментом, по этому признаку станы подразделяются на проволочные, штрипсовые, полосовые, ленточные, рельсобалочные и др.

Название стана устанавливается в зависимости от размера наиболее распространенного профиля.

Название стана	Диаметр валков, мм	Диаметр круглой стали, мм
Крупносортные	600—900	80—300
Среднесортные	350—550	20—100
Мелкосортные	240—330	8—25
Проволочные	250—280	5,0—9,0

Определяющим размер сортового стана параметром является диаметр валков.

Основные характеристики сортовых станов указанных групп приведены в табл. 3.

Классификация прокатных станов по расположению рабочих клетей

В зависимости от числа рабочих клетей и их расположения различают сортопрокатные станы четырех групп.

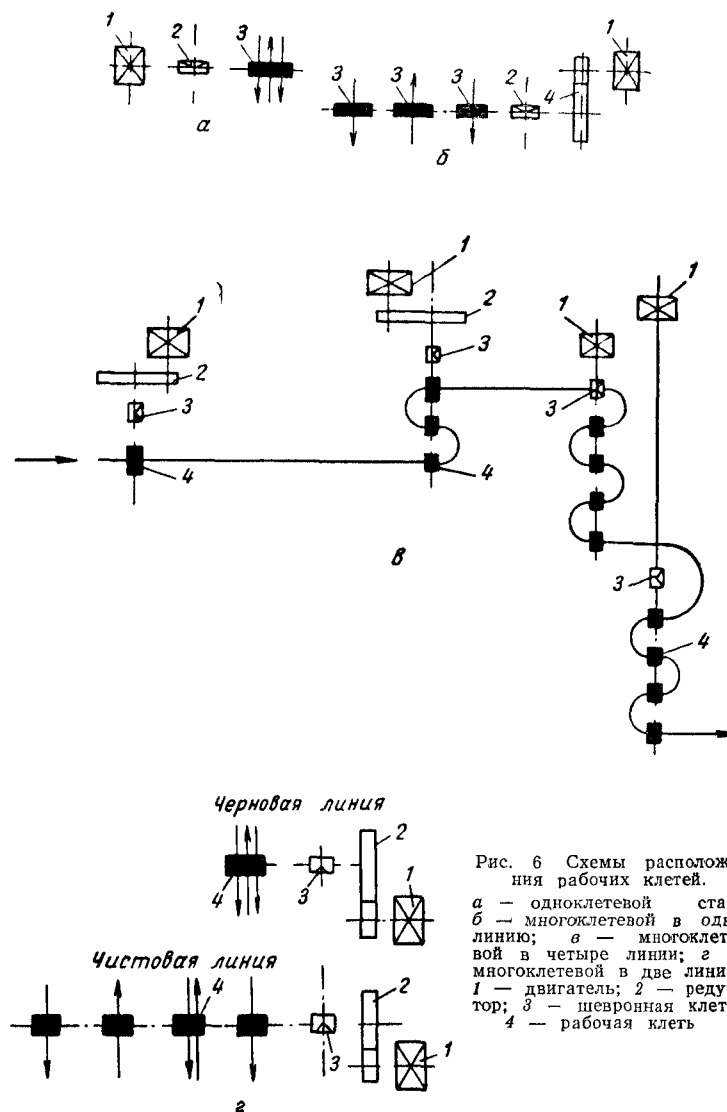
Линейные станы. Клетки, расположенные в одну, три и более линий в зависимости от размеров прокатываемого профиля (рис. 6). Такие станы строятся теперь только как рельсобалочные и для прокатки крупного сорта.

ТАБЛИЦА 3

Наименование стана	Количество рабочих клетей	Скорость прокатки, м/сек	Производительность, тыс. т/год	Исходный материал	Сортамент готовой продукции	Мощность главных двигателей, л. с.	Мощность всех двига- телей, л. с.	Вес механического обо- рудования стана, т	Расход на 1 т годового проката						
									металла, т	главных двигателей	вспомогатель- ных двига- телей	электро- энергии квт/час	условного топлива, тыс. ккал	воды, м³	валков, кг
Рельсобалоч- ный линей- ный стан 800	4	2—4	1200	Слитки 270×300 мм Бломы	Рельсы 38—75 кг/м Балки 200—600 мм	16000	22000	18000	1,15— 1,20	30	20	500	500	15 3,50	
Универсаль- ный балоч- ный стан	6	1—3	1200	Слитки 22 т	Универсальные балки 400×1000 мм	24000	27000	20000	1,25	40	20	600	600	10 2,00	
Крупносор- товый линей- ный стан 650	4	1—3	700	Бломы 250×250 мм	Круг до 200 мм Балки » 300 мм	8000	40000	6500	1,08	25	10	500	500	10 2,40	
Крупносор- товый стан Кросс-коун- три 500	9	3—4	900	» 200×200 мм	Круг до 150 мм Балки » 200 мм	12000	14000	6000	1,07	35	12	500	200	1,80	
Среднесор- товый шахмат- ный стан 350	11	4—12	700	» 170×170 мм	Круг до 90 мм Балки » 100 мм	13000	14000	7000	1,15	35	10	500	500	12 1,30	

Продолжение табл. 3

Наименование стана	Количество рабочих клетей	Скорость прокатки, м/сек	Производительность, тыс. т/год	Исходный материал	Сортамент готовой продукции	Мощность главных двигателей, л. с.	Мощность всех двига- телей, л. с.	Вес механического обо- рудования стана, т	Расход на 1 т годового проката						
									металла, т	главных двигателей	вспомогатель- ных двига- телей	электро- энергии квт/час	условного топлива, тыс. ккал	воды, м³	валков, кг
Комбиниро- ванный стан 350/250	20	2—8	400	Заготовки 125×125 мм	Круг до 90 мм Балки до 100 мм	14000	16000	4000	1,05	30	10	350	350	15 1,20	
Мелкосорт- ный шахмат- ный стан 300	11	2—8	500	То же 125×125 мм	Круг до 75 мм Уголок до 50 × ×50 мм	8000	9500	3000	1,05	40	10	300	300	14 0,50	
Мелкосорт- ный непре- рывный стан 300/250	15	10—15	700	» 100×100 мм	Круг до 25 мм Уголок » 50×50 мм	8000	9500	6000	1,15	40	10	350	350	15 0,60	
Мелкосорт- ный полуне- прерывный стан 250	12	12	250	» 75×75 мм	Круг до 20 мм Уголок до 30 × ×30 мм	6000	7000	2500	1,04	60	10	300	300	16 0,50	
Проволочный непрерывный стан 250	39	15—30	500	» 65×65 мм	Катанка 5—9 мм	18000	19000	4000	1,06	70	5	350	350	20 0,40	



Недостатки линейных станов — низкая производительность, невозможность увеличения скорости в каждой отдельной клетке, необходимость поперечного перемещения проката при передаче из клетки в клетку, невозможность значительной механизации и автоматизации. Число клеток у станов этого типа 3—12.

Последовательные станы. В последовательных станах полоса одновременно прокатывается только в одной клетке. Число клеток рав-

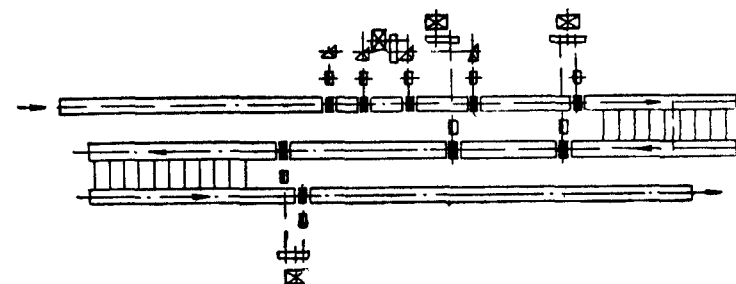


Рис. 7. Стан с параллельным (зигзагообразным) расположением клеток

но числу проходов, необходимых для получения готового профиля из исходной заготовки.

С увеличением длины раската увеличивается скорость прокатки. Для сокращения необходимых производственных площадей эти

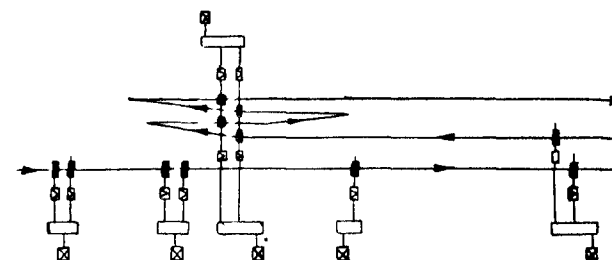


Рис. 8. Стан с шахматным расположением клеток

станы располагаются в две-три параллельные линии (рис. 7). Применяются для прокатки крупного и среднего сорта.

К этому же типу станов относятся станы с шахматным расположением клеток, применяемые для прокатки среднего и мелкого сорта (рис. 8).

Последовательные станы имеют значительно более высокую производительность по сравнению с линейными.

Число клеток 10—12 и более.

Полунепрерывные станы. Станы этого типа состоят из двух групп клеток: непрерывной, где полоса прокатывается одновременно в двух и более клетях, и линейной, где прокатка осуществляется так же, как и в линейных станах (рис. 9).

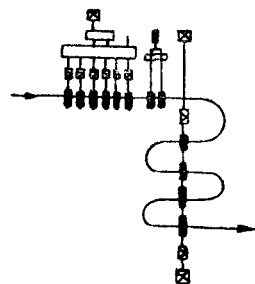


Рис. 9. Полунепрерывный стан

Применяются для прокатки мелкого сорта и проволоки. Число клеток 12 и более.

Непрерывные станы. В этих станах клетки располагаются только последовательно, и их число равно числу проходов (рис. 10). Рас-

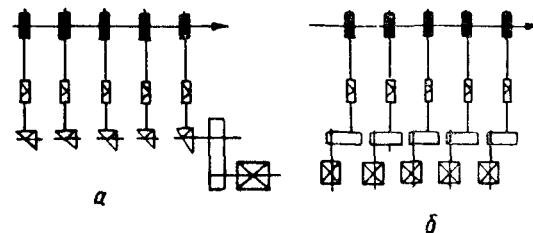


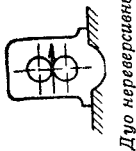
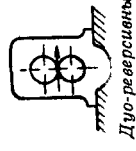
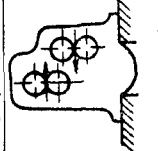
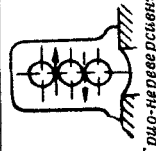
Рис. 10 Непрерывный стан.

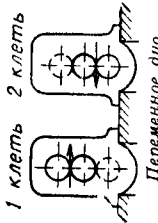
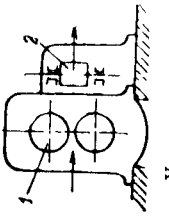
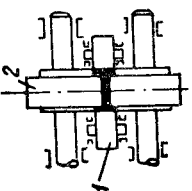
а — с групповым приводом; *б* — с индивидуальным приводом

стояние между клетями меньше длины полосы, поэтому полоса одновременно прокатывается в нескольких клетях.

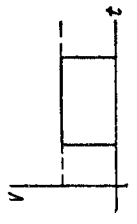
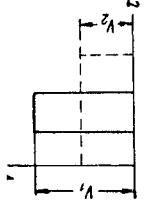
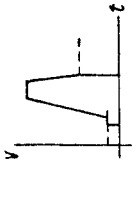
Применяются для прокатки простых профилей (круг, квадрат, полоса, проволока), а в последнее время и для прокатки некоторых фасонных профилей (например, уголок).

Классификация рабочих клеток сортовых станов

Типы клеток	Назначение клеток
 <p>Дуо нереверсивные</p>	Клетки дуо нереверсивные с обоими приводными валками используются на непрерывных станах (для прокатки заготовки, проволоки, а также тонких полос), на станах шахматных и кросс-коунтри (для прокатки сортовых профилей). В каждой клетке этих станов осуществляется только по одному пропуску металла в одном направлении
 <p>Дуо-ревёрсивные</p>	В этих клетях валки реверсируются, т. е. периодически изменяют направление вращения и прокатываемый металл проходит через валки вперед и назад несколько раз. Клетки этого типа применяются на рельсобалочных и крупносортовых станах
 <p>Двойное дуо</p>	Клетки этого типа имеют по четыре валка в одной клетке; валки в клетке расположены попарно, как в клетях дуо. В настоящее время не имеют широкого распространения. Используются на старых мелкосортовых и среднесортовых станах
 <p>Трио-неревёрсивные</p>	Клетки широко применяются на сортовых станах, так как на их валках можно расположить значительно больше калибров, чем на валках клетей дуо. Металл движется в одну сторону между нижним и средним валками, а в обратную сторону — между средним и верхним. Для подъема прокатываемой полосы и подачи ее между верхним и средним валками перед клетью (а иногда и позади нее) устанавливают подъемно-качающиеся столы

Типы клеток	Назначение клеток
 <p>1 клеть 2 клеть Переменное дуо</p>	Клетти переменные дуо оборудованы приводом от шестеренной клетки трио, но в каждой из рабочих клеток, установленных в одну линию, размещено только по два валька (клетти дуо). В первой клетки приводными являются нижний и средний вальки, во второй — верхний и средний и т. д. Вместо третьего верхнего или нижнего валька в каждой клетки установлен шпиндель для передачи вращения соответствующим валькам в следующих клетях. Клетти этого типа применяются редко.
 <p>Универсальная</p>	На этих клетях обжатие выполняется, как горизонтальными вальками, так и вертикальными, которые обеспечивают получение ровных и гладких боковых граней квадрата или сутунки, прокатываемых из малопластичных сталей и сплавов. Такие клетки могут входить в состав непрерывных и полунепрерывных станов.
 <p>Универсальная балочная</p>	Клетти этой системы входят в состав станов, на которых прокатываются широкополочные балки

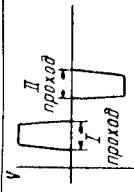
Режимы работы сортопрокатных станов

Режимы работы	График скорости прокатки за период прохода	Применение	Тип электродвигателя для привода вальков
Нереверсивный. С постоянной скоростью		Непрерывные заготовочные, проволочные и другие станы, когда нет необходимости регулировать скорость, а время нахождения металла в вальках значительно по сравнению с паузой	Синхронный для крупных станов, асинхронный для мелких
С редко регулируемой скоростью ¹		Станы непрерывные, полунепрерывные, последовательно-возвратные, шахматные, станы для специальных сталей и другие	Шунтовой
С часто регулируемой скоростью ²		Станы трио заготовочные и рельсобалочные, непрерывные	Шунтовой с регулированием напряжения

¹ Имеется возможность регулировать число оборотов вальков стана для получения наиболее выгодной скорости при прокатке данного профиля. В течение же прохода скорость прокатки остается постоянной.

² Предусмотрено регулирование скорости в течение прохода металла через вальки, при этом возможен захват металла с небольшой скоростью, а проход металла через вальки с высокой скоростью.

Продолжение

Режимы работы	График скорости прокатки за период прохода	Применение	Тип электродвигателя для привода валков
Реверсивный ¹		Рельсобалочные дуо	Шунтовой с регулированием напряжения

¹ Реверсивный режим работы позволяет по окончании одного прохода изменить направление вращения валков. Захват металла и в этом случае производится с пониженной скоростью.

Скорости прокатки на сортопрокатных станах

Назначение стана	Наименование и характеристика стана	Диаметр валков, мм	Скорость прокатки м/сек	Назначение стана	Наименование и характеристика стана	Диаметр валков, мм	Скорость прокатки м/сек
Рельсобалочный	Рельсобалочный линейный или ступенчатый	750—900	5,0—7,0	Мелкосортный	Мелкосортный ступенчатый	250—350	4,5—7,0
Крупносортный	Крупносортный линейный или ступенчатый	600—750	2,5—7,0		Мелкосортный последовательно-возвратный или шахматный	250—300	5,0—15,0
	Крупносортный последовательно-возвратный	500—700	6—7		Мелкосортный непрерывный	250—300	6,0—20,0
Среднесортный	Среднесортный линейный или ступенчатый	400—550	2,5—7,0	Проволочный	Проволочный ступенчатый (с ручной подачей)	250—300	8,5—9,5
	Среднесортный последовательно-возвратный или шахматный	350—500	5,0—15,0		Проволочный непрерывный	250	20,0—30,0

Характеристика сверженных сортопрокатных станов (по данным каталога-справочника «ЗЗТ М», ЦНИИТ.Маш, 1962)

Характеристика прокатного стана	Диаметр валков, мм						
	650	500	450*	350**	350	300***	250
Исходная заготовка: сечение, мм	До 300×300	175×175 205×205	140×140 180×180	80×80	80×80 150×150	100×100 170×170	75×75 120×120
длина, м	2,5 до 6,0	1,10	1,7 до 3,5	1,30	2—4	4—6	12,0
вес, т	до 3,5	0,27	0,257— 0,870	0,0375	0,1—0,7	0,3—1,35	0,35— 0,60
Материал	Углеродистая и низколегированная сталь	Сталь	Спец- сталь	Сплавы	Спец- сталь	Углеродистая сталь	—
Готовый прокат: круг, диаметр, мм	70—220	32—60	32—120	10—80	25—70	22—76	10—20 (бунты) 10—35 (прутки)
квадрат, сторона, мм	60—150	30—50	25—70	—	23—65	22×27— 76×76	—
швеллер	№ 16—30	№ 8—12	—	19×12× ×3×4 мм 80×40× ×4×4 мм	—	№ 8—10	—

Характеристика прокатного стана	Диаметр валков, мм						
	650	500	450*	350**	350	300***	250
двуглав	№ 16—30 до Р24	№ 8—12	—	—	№ 8—12	—	—
рельс	—	—	—	—	кг/пог м 7—9	—	—
полоса, мм	—	—	50—90×20—50	15×15×245—130×5—50	5—40×51—76	20—200×5—10	12—70×2—20
уголок	№ 9—20	№ 4—10	—	60×60×6 мм	№ 4—9	—	№ 2—4
длина раската, м	4—24	6—12	1,3—8,5	—	2—12	0,3—3—6—8	—
Количество нагревательных печей	3	1	1	1	2	1	1
Количество рабочих клеток	4	3	3	—	3	6	23
Вес механического оборудования, т	10350	1180	1500	640	1760	800	4700
Установочная мощность электродвигателей, кВт	23000	1500	2800	2800	4000	2200	16000

Характеристика прокатного стана	Диаметр валков, мм						
	650	500	450*	350**	350	300***	250
Мощность главных приводов, кВт	11290	740	1800	2000	1850	1700	12285
Скорость прокатки в отделочной клетке м/сек	До 7	3	3	2—7	5,0	До 6,5	5—15
Производительность т/год	800000	100000	120000	6000	90000	40000	300000
Количество постов управления	30	5	7	7	9	4	12
Расположение рабочих клеток	Двух-линейное	Одно-линейное	Одно-линейное	Двух-линейное	Крест-Контри	Полупрерывное	Непрерывное

* Для опытной прокатки сплавов с повышенным сопротивлением деформации.

** Для спецсталей.

*** Для опытной прокатки профилей широкого сортамента из сталей разных марок.

Примечание. Все станы полностью механизированы и частично автоматизированы. Имеются механизмы загрузки и выгрузки из печей слитков и заготовок, рольганги всех типов, толкатели и сталкиватели, подъемно-качающиеся столы на станках трио, кантовальные устройства, сортировальные машины, клеймильные аппараты, холодильники, новейшие прессы и пилы, механизированные сортоукладчики, правильные прессы, транспортеры всех видов, весы с автоматическим взвешиванием, моталки, обводные аппараты, кантовочные доски и др.

Сортамент проката в сортопрокатных цехах

Поперечное сечение прокатанного изделия называется профилем. Формы профилей различны. Совокупность разных профилей проката разных размеров, прокатываемых на данном заводе или стане, называется сортаментом завода или стана. Профили металла, прокатываемого на сортопрокатных станах, делятся на две группы: группа 1 — профили простой геометрической формы; группа 2 — фасонные профили. Сортамент некоторых профилей обеих групп приведен в табл. 4.

ТАБЛИЦА 4

Типы станов	Основные параметры станов				Сортамент станов						
	диаметр боковин вальцов, мм	длина боковин вальцов, мм	максимальная скорость прокатки, м/сек	размеры, мм							
				круглая сталь	квадратная сталь	полосовая сталь	угловая сталь	балки	швеллеры	ребрышки (вес погонного метра), кг	
											прочие виды проката
Крупносортовые	530—730	800—1500	2,5—6	60—150	50—120	150—350	80×80—200×200	№ 12—20	№ 14—22	24,0	
Среднесортовые	370—480	600—1200	5—10	30—60	30—60	100—250	40×40—80×80	№ 10—12	№ 5—12	11,0	Шестигранный, трехгранный и др.
Мелкосортовые	270—320	500—800	8—15	8—40	9—40	20—100	20×20—50×50	—	—	—	Шестигранный, трехгранный, арматурное железо и др.
Проволоочные	270—320	500—800	12—33	5—10	—	—	—	—	—	—	—
Полосовые (штрипсовые)	320—450	500—600	16	—	—	60—248	—	—	—	—	Рессоры

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ

Закон постоянства объема. Очаг деформации

При определении основных величин, характеризующих деформацию при прокатке, пользуются законом постоянства объема:

$$V_0 = V_1, \quad (1)$$

где V_0 — объем металла до прокатки,
 V_1 — объем металла после прокатки,
 или

$$H \cdot B \cdot L = h \cdot b \cdot l, \quad (2)$$

где H, B, L — высота, ширина и длина полосы до прокатки;
 h, b, l — высота, ширина и длина полосы после прокатки.

Коэффициенты деформации определяют из уравнения (2); если правую его часть разделить на левую, получим

$$\frac{h \cdot b \cdot l}{H \cdot B \cdot L} = 1.$$

Обозначим

$$\frac{h}{H} = \eta \text{ или } \frac{1}{\eta} = \frac{H}{h}; \quad (3)$$

$$\frac{b}{B} = \beta,$$

$$\frac{F_0}{F_1} = \frac{l}{L} = \mu,$$

где F_0 — площадь сечения до прокатки, F_1 — площадь сечения после прокатки.

Подставив эти выражения в уравнение (3), получим

$$\eta \cdot \beta \cdot \mu = 1,0, \quad (4)$$

где η — обратная величина коэффициента высотной деформации;
 β — коэффициент поперечной деформации (коэффициент уширения);

μ — коэффициент вытяжки (продольной деформации), определяемый так же, как отношение площади сечения до прокатки F_0 к площади сечения после прокатки F_1 .

Произведение коэффициентов деформации равно единице.

Прокатка на гладкой бочке

Продольной прокаткой называется процесс деформации полосы при ее прохождении между валками, вращающимися навстречу друг другу.

В процессе деформации происходит формоизменение тела, которое характеризуется следующими величинами:

$$\text{обжатие (абсолютное)} \quad \Delta h = H - h; \quad (5)$$

$$\text{удлинение (абсолютное)} \quad \Delta l = l - L; \quad (6)$$

$$\text{уширение (абсолютное)} \quad \Delta b = b - B; \quad (7)$$

относительное обжатие

$$\epsilon = \frac{\Delta h}{H}, \text{ или } \frac{\Delta h}{h}, \text{ или } \ln \frac{H}{h}.$$

Пример. Если до прокатки $H = 120$ мм, $B = 150$ мм, $L = 4000$ мм, а после прокатки $h = 90$ мм, $b = 160$ мм, $l = 5000$ мм, то $\Delta h = H - h = 120 - 90 = 30$ мм, $\Delta l = l - L = 5000 - 4000 = 1000$ мм, $\Delta b = b - B = 160 - 150 = 10$ мм, $\frac{\Delta h}{H} = \frac{30}{120} = 0,25$, $\frac{\Delta h}{h} = \frac{30}{90} = 0,333$

$$\ln \frac{H}{h} = 0,288, \quad \frac{1}{\eta} = \frac{H}{h} = \frac{120}{90} = 1,333 \left(\text{или } \eta = \frac{90}{120} = 0,75 \right), \quad \mu = \frac{l}{L} = \frac{5000}{4000} = 1,25, \quad \beta = \frac{b}{B} = \frac{160}{150} = 1,0667.$$

Прокатка в калибрах

Приведенные выше формулы не могут применяться при подсчетах коэффициентов деформации для случая прокатки металла в калибрах.

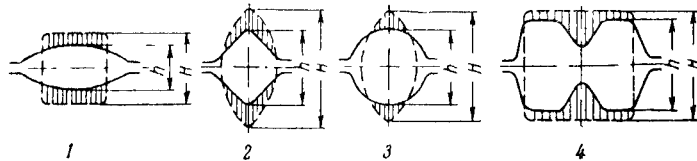


Рис. 11. Случай неравномерного обжатия

В этом случае (рис. 11) мы имеем дело с неравномерной деформацией. Расчет обжатий и всех связанных с ним величин производится исходя из средних значений высоты калибра и задаваемой полосы с использованием формул М. В. Вращего

$$h_C = \frac{F}{b}, \quad (8)$$

$$\Delta h_C = H - h_C = H - \frac{F}{b}. \quad (9)$$

Если же толщина задаваемой полосы меняется и по ее ширине, среднее обжатие определяется по формуле

$$\Delta h_C = H_C - h_C = \frac{F_0}{B_0} - \frac{F_1}{b_1}. \quad (10)$$

Пример. В круглый калибр диам. 60 мм задается овальная полоса шириной 56 и высотой 84 мм. Площадь овальной полосы 3300 мм². Определить величину среднего обжатия.

По формуле (10) получаем

$$\Delta h_C = H_C - h_C = 59 - 48 = 11 \text{ мм};$$

$$H_C = \frac{F_0}{B_0} = \frac{3300}{56} = 59 \text{ мм};$$

$$h_C = \frac{F_1}{b_1} = \frac{0,785 \cdot 60^2}{60} = 48 \text{ мм}.$$

Очаг деформации. Геометрический очаг деформации — объем, заключенный между контактными площадями соприкосновения полосы с валками. Дуга, по которой валок соприкасается с прокатываемым металлом, называется дугой захвата. Элементы очага деформации показаны на рис. 12.

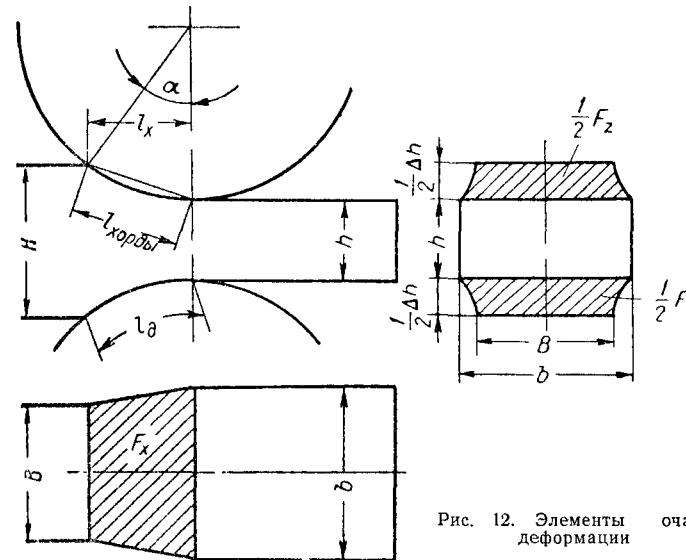


Рис. 12. Элементы очага деформации

Элементы очага деформации показаны на рис. 12.

Геометрические соотношения в очаге деформации приведены в табл. 5.

ТАБЛИЦА 5

Определяемые параметры	Формулы для подсчета	Обозначения
Дуга захвата (длина дуги захвата)	$l_d = R_k \alpha_{рад},$ $l_d = 3,14 D_k \cdot \frac{\alpha^\circ}{360}$	R_k — катающий радиус; $\alpha_{рад}$ — угол захвата в радианах; D_k — диаметр вала; α° — угол захвата в градусах
Длина хорды дуги захвата	$l_{хорд} = \sqrt{R_k \cdot \Delta h}$	Δh — линейное обжатие
Длина проекции дуги захвата (длина очага деформации)	$l_k = \sqrt{R_k \Delta h - \frac{\Delta h^2}{4}}$	То же
Угол захвата	$\cos \alpha = 1 - \frac{\Delta h}{D_k}$ $\alpha^\circ = 57,3 \sqrt{\frac{\Delta h}{R_k}}$ (приближенно)	То же
Проекция площади контакта на горизонтальную плоскость	$P_x = B l_k =$ $= \frac{B+b}{2} \sqrt{R_k \cdot \Delta h}$	B — ширина полосы до прокатки b — ширина полосы после прокатки B_c — средняя ширина полосы
Проекция площади контакта на вертикальную плоскость	$P_z = \frac{B+b}{2} \cdot \Delta h$	То же
Проекция площади контакта на горизонтальную плоскость при прокатке в валах с различными катающими диаметрами	$P_x = \frac{B+b}{2} \sqrt{\frac{2R_1 R_2}{R_1 + R_2} \Delta h}$	R_1 — радиус одного вала R_2 — радиус другого вала

Максимально возможное обжатие зависит от следующих факторов:

1) пластичности металла; 2) захвата полосы валками; 3) прочности валков; 4) мощности двигателя; 5) формы калибра или устойчивости прокатываемой полосы в валках; 6) износа калибров.

Пластичность металла. Как правило, за исключением случаев некоторых высоколегированных сталей, пластичность металла на практике не ограничивает величины обжатий. Общеизвестный опыт В. Е. Грум-Гржимайло и ряд других исследований показывают, что при условии правильного нагрева рядовой металл обладает практически неограниченной способностью к деформации.

Захват полосы валками. Угол захвата зависит от величины коэффициента трения и связан с ним уравнением

$$\operatorname{tg} \alpha \leq f. \quad (11)$$

Коэффициент трения рекомендуется определять по формулам С. Экелунда для стальных валков:

$$f = 1,05 - 0,0005 t^\circ; \quad (12)$$

для чугунных валков:

$$f = 0,8 (1,05 - 0,0005 t^\circ), \quad (13)$$

где t° — температура металла при прокатке.

При известном коэффициенте трения максимальное обжатие определяется по уравнению В. Е. Грум-Гржимайло

$$\Delta h_{\max} = D_k \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 + f^2}} \right). \quad (14)$$

Если известен максимальный угол захвата, максимальное обжатие удобно определять по формулам

$$\Delta h_{\max} = D_k (1 - \cos \alpha_{\max}) \quad (15)$$

или

$$\Delta h_{\max} = \left(\frac{\alpha^\circ}{57,3} \right)^2 \cdot R_k. \quad (16)$$

Зная угол захвата или коэффициент трения по графику (рис. 13), можно определить так называемый коэффициент захвата $\frac{\Delta h}{D_k}$, показывающий, какую часть от величины катающего диаметра может составлять максимальное обжатие.

Захват полосы улучшается в случае применения пасечки или паварки на валках; при принудительной подаче полосы в валки или подаче полосы с разгона, когда передний конец полосы заострен; с уменьшением числа оборотов валков при подаче металла; при прокатке полосы в тесных калибрах; за счет дополнительных сил трения, возбуждаемых на боковых стенках калибра (по данным А. П. Чекмарева).

В условиях установившегося процесса прокатки величина максимально возможного обжатия вследствие появления резервных сил трения может быть увеличена в 1,2—2,2 раза.

Прочность валков. Прокатка с максимальным обжатием (Δh_{\max}) возможна лишь в том случае, если обеспечена безаварийная работа стана. В случае поломки валков уменьшают обжатие или заменяют менее прочные валки на более прочные, но менее износостойчивые. В качестве примера можно привести перечень материалов валков, когда каждый следующий является более прочным: от

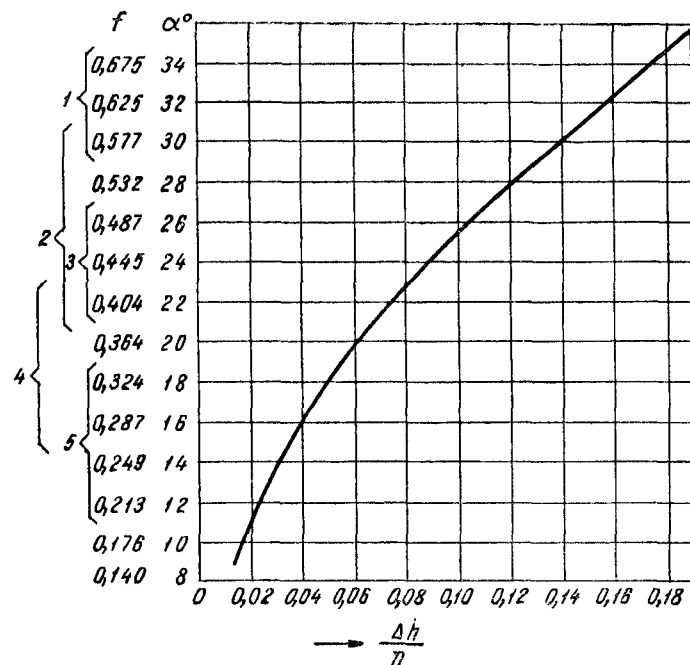


Рис. 13. Зависимость коэффициента захвата ($\frac{\Delta h}{D}$) от коэффициента трения:

1 — первые клетки непрерывно-заготовочных станов (принудительная задача); отдельные случаи прокатки на блюмингах, 2 — прокатка на блюмингах, первые пропуски на слябингах; 3 — обжимные клетки сортовых станов, 4 — черновые клетки сортовых станов, первые пропуски листовых станов, 5 — последние пропуски сортовых станов

беленный чугун — легированный чугун — высокоуглеродистая легированная сталь (У15ХНМ, У12ХН) — среднеуглеродистая высококачественная сталь (45ХН, 60ХН, 50ХН).

Мощность двигателя. При выбранном режиме обжатий максимальный рабочий момент двигателя может кратковременно превышать номинальный крутящий момент в 2,75–3 раза. Если максимальный момент будет больше установленной нормы, то схема обжатий пересматривается в сторону уменьшения за проход.

Форма калибров. В некоторых случаях величина обжатия полосы может ограничиваться условиями устойчивости, зависящими от формы калибра и от формы задаваемой полосы. На величину устойчивости влияют: отношение $\frac{H}{B}$ (чем больше это отношение превышает единицу, тем меньше устойчивость), ширина полосы, радиусы закругления углов и первоначальная ромбичность полосы (разность диагоналей).

Износ калибров. Чем меньше обжатие в чистовых и предчистовых калибрах, тем выше их стойкость и, следовательно, тем лучше поверхность готового профиля и тем реже перевалки. Износ вытяжных и подготовительных калибров допустим в гораздо большей степени и, как правило, величины обжатия не ограничиваются.

Уширение

Уширение — абсолютная разность между шириной полосы до и после прокатки:

$$\Delta b = b - B. \quad (17)$$

Различают три вида уширения:

1. Свободное уширение при прокатке на цилиндрических валках или в плоских широких калибрах, когда уширению ничто не препятствует (рис. 14, а).

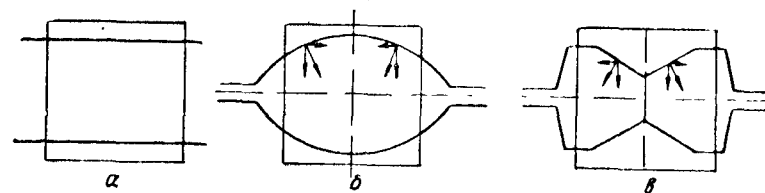


Рис. 14. Виды уширения: а — свободное; б — стесненное; в — вынужденное

2. Несвободное (ограниченное) уширение при прокатке в калибрах, стенки которых ограничивают уширение (рис. 14, б).

3. Принудительное (вынужденное) уширение — при прокатке полосы в калибрах с формой, способствующей развитию уширения (рис. 14, в).

Уширение увеличивается с увеличением обжатия (Δh), при увеличении диаметра валков (D_k), с увеличением коэффициента трения (f), при уменьшении скорости прокатки (v), повышением степени легированности стали (m), со снижением температуры металла при прокатке (t°).

Определение величины свободного уширения

1. Формула С. И. Губкина

$$\Delta b = \left(1 + \frac{\Delta h}{H}\right) \left(f \sqrt{R \cdot \Delta h} - \frac{\Delta h}{2}\right) \frac{\Delta h}{H}, \quad (18)$$

где H — номинальная высота полосы,
 $\Delta h = H - h$ — линейное обжатие
 f — коэффициент трения, определяемый по формуле (12 и 13)

2 Формула Б. П. Бахтинова

$$\Delta b = 1,15 \frac{\Delta h}{2H} \left(\sqrt{R \Delta h} + \frac{\Delta h}{2l} \right) \quad (19)$$

Влияние химического состава стали на уширение учитывается коэффициентом (m) значения которого (по данным Ю. М. Чижикова) приведены в табл. 6

ТАБЛИЦА 6

Коэффициент m , учитывающий влияние состава стали на уширение (по данным Ю. М. Чижикова)

Группа стали	Номер группы	Марки сталей входящих в состав группы	Значения коэффициента	Средние значения коэффициента для каждой группы
Железо	I	Ст. 1	1,0	—
Перлитно-мартенситная, перлитная, перлитно-мартенситная, мартенситная	II	У7А	1,24	1,25—1,30
		ШХ15	1,29	
		Э20МА	1,29	
		4Х13	1,33	
		38ХМЮ1	1,35	
		Х10С2М	1,35	
Аустенитная	III	4Х14Н14В2М	1,36	1,35—1,40
		Х13Н4Г9	1,42	
Аустенитная с избыточным фазом (феррит, ледебурит)	IV	1Х18Н9Т	1,44	1,4—1,5
		Х18Н25С2	1,44	
		Х23Н13	1,53	
Ферритная	V	1Х17Ю5	1,55	1,55—1,60
Аустенитная с карбидами	VI	Х15Н60	1,62	—

Тогда

$$\Delta b_{ac} = \Delta b \cdot m \quad (20)$$

Номограмма для определения уширения приведена на рис. 15, ее использование иллюстрируется следующим примером

диаметр вала (D) 300 мм,
 начальная ширина полосы (b_0) 25 мм,
 начальная толщина полосы (h_0) 25 мм,
 конечная толщина полосы (h_1) 15 мм,
 тогда

$$\frac{D}{b_0} = \frac{300}{25} = 12,$$

$$\frac{h_0 \cdot h_1}{b_0^2} = \frac{25 \cdot 15}{25^2} = 0,6.$$

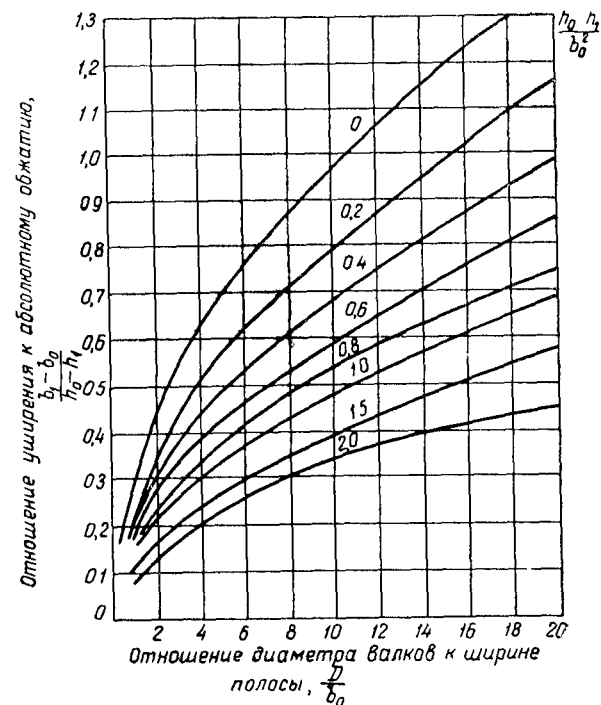


Рис. 15. Диаграмма для подсчета величины уширения

На горизонтальной оси номограммы находим точку, соответствующую значению отношения $\frac{D}{b_0}$ (в нашем случае это отношение равно 12), из этой точки проводится вертикальная линия до пересечения с кривой, исходящей из точки, соответствующей значению $\frac{h_0 \cdot h_1}{b_0^2}$ (в нашем случае это 0,6). Из этой точки пересечения

чения проводится прямая, параллельная горизонтальной оси номограммы до пересечения с вертикальной осью, точка пересечения в условиях нашего примера соответствует 0,65
Тогда для нашего примера имеем

$$\frac{b_1 - b_0}{h_0 - h_1} = 0,65$$

или

$$\Delta b = b_1 - b_0 = 0,65 (h_0 - h_1) = 0,65 (25 - 15) = 6,5 \text{ мм.}$$

Опережение

Скорость (v) полосы, выходящей из валков почти всегда больше окружной скорости валков (v_n). Увеличение скорости полосы, отнесенное к окружной скорости валков, называют опережением S

$$S, \% = \frac{v - v_n}{v_n} \cdot 100 \quad (21)$$

Скорость валков определяется по формуле

$$v_n = \frac{\pi D_k n}{60} \text{ (м/сек),}$$

где D_k — катающий диаметр валка,

n — число оборотов валка

Опережение увеличивается при увеличении диаметра валков, с увеличением обжатия (Δh), коэффициента трения (f), угла захвата (α°), при уменьшении уширения (Δb), с увеличением натяжения полосы

Обычно опережение имеет практическое значение при прокатке полосы на непрерывных станах и при прокатке периодических профилей

Величина опережения на сортовых станах колеблется в пределах 3—5%. Для подсчета опережения пользуются формулой Дрездена

$$s = \gamma^2 \frac{R}{h} \cdot 100, \quad (22)$$

где γ — критический угол, а R — радиус валка. Зная угол захвата α и угол трения β , критический угол можно определить из равенства

$$\gamma = \frac{\alpha}{2} \left(1 - \frac{\alpha}{2\beta} \right), \quad \beta = \alpha_{\text{макс.}}$$

Силовые условия процесса прокатки

Для осуществления процесса прокатки полоса приводится в соприкосновение с валками, вращающимися в разные стороны по часовой и против часовой стрелки (рис 16)

В результате давления металла на валки (P_1 и P_2) возникают реактивные силы давления валка на металл (R_1 и R_2) и силы трения (T_1 и T_2)

Рассматривая действие валков на металл, определяем силу отталкивающую (S_R) и силу втягивающую (S_T)

Полоса втягивается в вал в том случае, когда

$$S_T > S_R$$

Сила трения (T_1 и T_2) зависит от коэффициента трения f и силы давления металла на валки (P_1 и P_2) и определяется по формуле

$$\left. \begin{aligned} T_1 &= f P_1 = f R_1, \\ T_2 &= f P_2 = f R_2 \end{aligned} \right\} \quad (23)$$

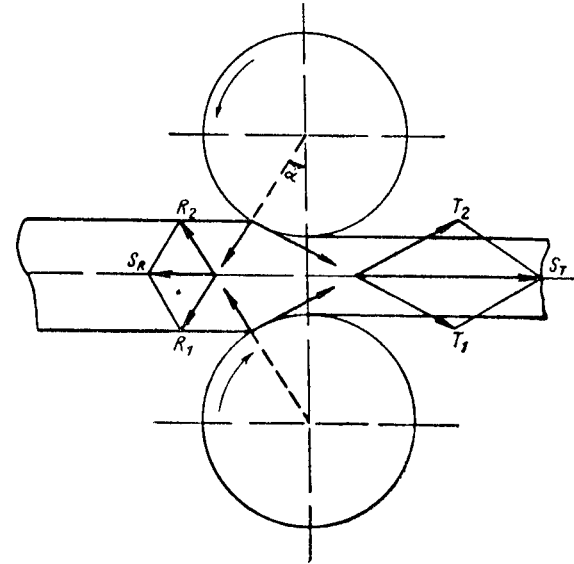


Рис 16 Силы действующие при прокатке

Условие равновесия действующих сил в начальный период прокатки определяется уравнением

$$P \sin \alpha - T \cos \alpha = 0,$$

или

$$P \sin \alpha = T \cos \alpha = f P \cos \alpha, \quad (24)$$

или

$$f = \tan \alpha$$

Известно, что $f = \tan \beta$ где β — угол трения

Тогда условие равновесия действующих сил будет определяться равенством углов

$$\alpha = \beta \quad (25)$$

Валки не могут втянуть металл, в этот момент наблюдается подергивание заготовки, и достаточно небольшого вталкивающего усилия со стороны для того, чтобы произошел захват

При $\alpha < \beta$ захват происходит без затруднения. При $\alpha > \beta$ отталкивающая сила больше втягивающей, иголка, поданная к валкам, отскакивает от них, и надо применять значительное усилие или повысить коэффициент трения, чтобы металл был захвачен валками. При установившемся процессе прокатки (когда захват произошел)

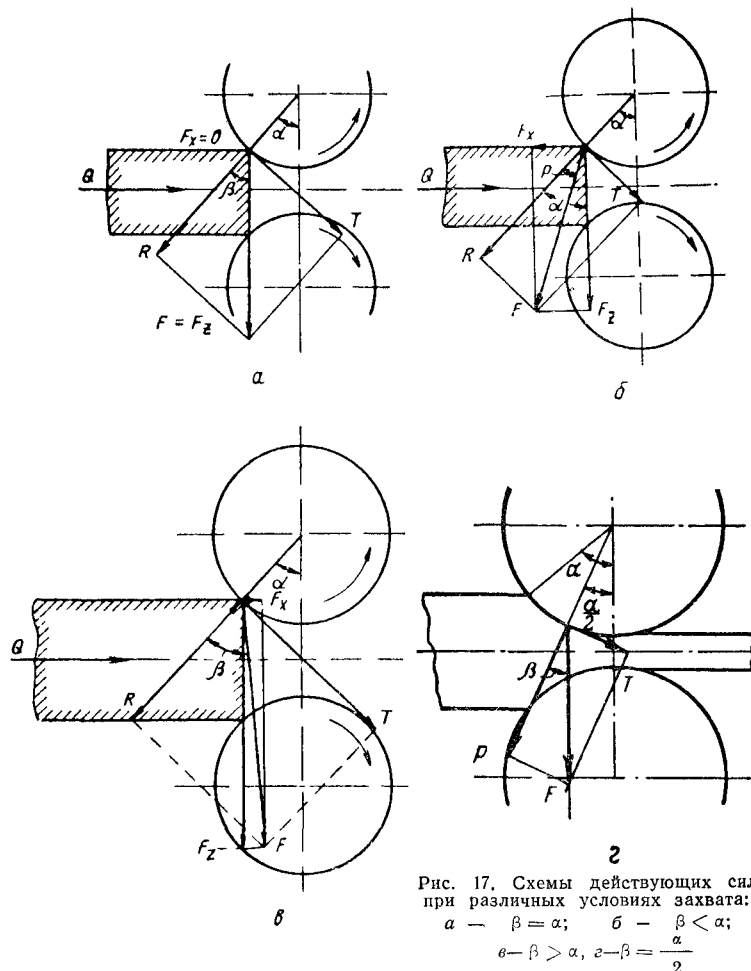


Рис. 17. Схемы действующих сил при различных условиях захвата:
а — $\beta = \alpha$; б — $\beta < \alpha$;
в — $\beta > \alpha$, г — $\beta = \frac{\alpha}{2}$

соотношение между коэффициентом трения и углом захвата металла. В этом случае $\alpha = 2\beta$, и равнодействующая давлений металла на валок или валка на металл проходит через середину угла захвата. Все четыре случая соотношений угла трения с углом захвата представлены на рис. 17.

Давление металла на валки (P , кг) определяется по формуле

$$P = p_{\text{ср}} \Pi, \quad (26)$$

где p — удельное давление металла на валки или сопротивление металла деформации, кг/мм²,

Π — поверхность соприкосновения металла с одним валком или площадь очага деформации, мм².

Контактная площадь при прокатке на гладкой бочке определяется по формуле

$$\Pi = b_{\text{ср}} \sqrt{R \cdot \Delta h}.$$

Для подсчета контактной поверхности в вытяжных калибрах рекомендуется пользоваться формулами, предложенными В. Г. Дроздом

для квадрата, прокатываемого из овала:

$$\Pi_{\text{кв}} = 0,75b_1 \sqrt{R_p(h_0 - h_1)};$$

для овала, прокатываемого из квадрата:

$$\Pi_{\text{ов}} = 0,54(b_0 + b_1) \sqrt{R_p(h_0 - h_1)};$$

для ромба или квадрата, прокатываемого из ромба

$$\Pi_{\text{ромб}} = 0,67b_1 \sqrt{(h_0 - h_1) R_p},$$

где h_0 — высота сечения полосы в середине калибра до прохода,

h_1 — высота сечения полосы в середине калибра после прохода,

b_0 — наибольшая ширина сечения полосы до прохода;

b_1 — наибольшая ширина полосы после прохода;

R_p — радиус валка в середине калибра

Величина обжатия определяется по формулам, предложенным В. Г. Дроздом

для ромба, прокатываемого из ромба:

$$\Delta h = (0,55 - 0,6)(h_0 - h_1),$$

для овала, прокатываемого из квадрата:

$$\Delta h = h_0 - 0,7h_1 \text{ (для плоского овала),}$$

$$\Delta h = h_0 - 0,85h_1 \text{ (для круглого овала);}$$

для квадрата, прокатываемого из овала

$$\Delta h = (0,65 - 0,7)h_0 - (0,55 - 0,6)h_1;$$

для круга, прокатываемого из овала:

$$\Delta h = 0,85h_0 - 0,79h_1.$$

Удельное давление (p) можно определить по формуле Т. М. Голубева

$$p_{\text{ср}} = 0,575\sigma \left[\left(\frac{h_0}{h_1} \right)^2 + 1 \right], \quad (27)$$

где σ — статическое сопротивление деформации, определяемое по формуле Эжелунда,

h_0 — высота полосы по деформации,
 h_1 — высота полосы после деформации.
 Точка приложения и направление полного давления металла на валок (P) для случая простого процесса прокатки показаны на рис. 18.

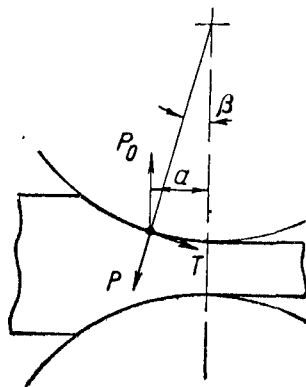


Рис. 18. Сила полного давления металла на валки

Мощность прокатки

Мощность двигателей прокатного стана рассчитывается по формуле М. М. Штернова

$$N_{\text{дв}} = (1,08 \div 1,12) \cdot \left(1 + 1,3f_{\text{подш}} \sqrt{\frac{R_{\text{к}}}{\Delta h}} \right) \cdot N_{\text{пр}}, \quad (29)$$

где $N_{\text{пр}}$ — мощность прокатки, определяемая по формуле И. М. Павлова, преобразованной Н. И. Литовченко; $\text{кг} \cdot \text{м}/\text{сек}$ ($N_{\text{пр}} = \rho_{\text{ср}} B c \times v_0 \cdot \Delta h$).

Значение $f_{\text{подш}}$ принимается в зависимости от конструкции подшипников и условий их работы: в подшипниках скольжения с металлическими вкладышами на станах для горячей прокатки $f = 0,07 \div 0,1$, с вкладышами из пластмассы $f = 0,003 \div 0,007$; в подшипниках жидкостного трения (типа Моргойль) $f = 0,003$; в подшипниках качения $f = 0,003$.

Мощность двигателя также определяется по крутящему моменту

$$N_{\text{дв}} = \frac{M_{\text{дв}} \cdot n_{\text{дв}}}{0,716} \text{ л с.}, \quad (30)$$

где $N_{\text{дв}}$ — мощность двигателя, л с.,

$M_{\text{дв}}$ — момент на валу двигателя, тм;

$n_{\text{дв}}$ — число оборотов ротора двигателя, об/мин

Момент на валу двигателя, необходимый для привода валков прокатного стана (по данным А. И. Целикова):

$$M_{\text{дв}} = M_{\text{пр}} + M_{\text{тр}} + M_{\text{хх}} + M_{\text{дин}}.$$

Момент прокатки (см рис 18) равен:

$$M_{\text{пр}} = P \cdot a. \quad (31)$$

С учетом потерь на трение в подшипниках момент прокатки для простого случая прокатки равен

$$M_{\text{пр}} = P (D \sin \beta + df),$$

где d — диаметр шеек валков;

f — коэффициент трения в подшипниках;

P — равнодействующая давления на валок;

β — угол, характеризующий точку приложения равнодействующей давления металла на валки.

При простом случае прокатки с учетом потерь на трение момент прокатки для обоих валков можно определить по формуле

$$M_{\text{пр}} = 2P\psi \sqrt{R \cdot \Delta h}. \quad (32)$$

Значения ψ при горячей прокатке

Для заготовки квадратного сечения	0,5
» круглых профилей	0,6
» прокатки в закрытых калибрах	0,7

Если $\psi = 0,5$, то

$$M_{\text{пр}} = P \sqrt{R \cdot \Delta h}. \quad (33)$$

Чтобы получить полный момент прокатки, необходимо учесть момент сил $M_{\text{тр}}$, затрачиваемых на преодоление трения в подшипниках валков и подшипниках вращающихся деталей. Его можно определить по формуле

$$M_{\text{тр}} = P \cdot f \cdot d \cdot \eta, \quad (34)$$

где $Pf \cdot d$ — момент, затрачиваемый на преодоление сил трения в подшипниках валков;

f — коэффициент трения в подшипниках валков;

d — диаметр шейки валков, мм.

η — коэффициент, учитывающий потери на трение в других вращающихся деталях привода ($\eta = 2$).

Тогда статический момент будет равен

$$M_{\text{ст}} = M_{\text{пр}} + M_{\text{тр}} = P(\sqrt{R \cdot \Delta h} + fd\eta). \quad (35)$$

Пример¹. Определить крутящий момент и мощность прокатки, когда известны среднее удельное давление ($\rho_{\text{ср}} = 13,4 \text{ кг}/\text{мм}^2$), ширина до прокатки ($B = 110 \text{ мм}$), ширина после прокатки ($b = 112,5 \text{ мм}$), катающий радиус валка ($R_{\text{к}} = 247 \text{ мм}$), линейное обжатие ($\Delta h_{\text{ср}} = 14,8 \text{ мм}$).

Давление металла на валок

$$P = \rho_{\text{ср}} \frac{B+b}{2} \sqrt{R_{\text{к}} \cdot \Delta h_{\text{с}}} = 13,4 \frac{110+112,5}{2} \times \sqrt{247 \cdot 14,8} = 89\,500 \text{ кг}.$$

¹ По данным М. М. Штернова

Момент прокатки

$$M_{\text{пр}} = 2P\psi \sqrt{R_k \Delta h_C} = 2 \cdot 89\,500 \cdot 0,5 \cdot 0,247 \cdot 0,0148 = 5420 \text{ кгм.}$$

Мощность прокатки

$$N_{\text{пр}} = \frac{M_{\text{пр}} \cdot v_0}{R_k},$$

при 80 об/мин

$$v_0 = \frac{\pi D_k n}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,494 \cdot 80}{60} = 2,07 \text{ м/сек,}$$

тогда

$$N_{\text{пр}} = \frac{5420 \cdot 2,07}{0,247} = 45\,500 \text{ кгм/сек.}$$

По формуле И. М. Павлова

$$N_{\text{пр}} = p B_C v_0 \Delta h_C = 13,4 \cdot 111,2 \cdot 2,07 \cdot 14,8 = 45\,500 \text{ кгм/сек.}$$

Мощность двигателя

$$N_{\text{дв}} = (1,08 \div 1,12) \left(1 + 1,3 f_{\text{подш}} \sqrt{\frac{R_k}{\Delta h}} \right) \cdot N_{\text{пр}} = 1,1 \times \\ \times \left(1 + 1,3 \cdot 0,0005 \sqrt{\frac{247}{14,8}} \right) \cdot 45\,500 = 51\,500 \text{ кгм/сек}$$

или

$$\frac{51\,500}{75} = 690 \text{ л. с. члн } (690 \cdot 0,736) = 508 \text{ квт.}$$

Если номинальная мощность двигателя (N_n) и число оборотов двигателя в минуту (n_n) известны, то имеется возможность проверить правильность выбора обжатий за проход следующим способом.

Определяем номинальный момент по формуле

$$M_n = \frac{0,7162 N_n}{n_n} \text{ тм,}$$

статический момент

$$M_{\text{ст}} = P (\sqrt{R \cdot \Delta h} + d f_r).$$

Максимальный момент не должен превышать

$$M_{\text{макс}} = (2,75 \div 3,0) M_n.$$

допустим, что $M_n = 125 \text{ тм}$ и

$$M_{\text{макс}} = (2,75 \div 3,0) M_n = (2,75 \div 3,0) \cdot 125 = 345 \div 375 \text{ тм.}$$

Для данного прохода $M_{\text{ст}} = 235 \text{ тм}$, в этом случае выбранное обжатие допустимо, так как

$$\frac{M_{\text{ст}}}{M_{\text{макс}}} = \frac{235}{375} = 0,63.$$

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ТЕОРИИ КАЛИБРОВКИ ВАЛКОВ

Определение и задачи калибровки

На бочках калиброванных валков вытачивают кольцевые углубления — ручьи.

Просвет, образованный ручьями двух валков, расположенных один над другим, называется калибром. Система последовательно расположенных калибров, обеспечивающих постепенное изменение формы и размеров заготовки вплоть до получения готового продукта, называется калибровкой профиля, а правила расположения калибров на валках — калибровкой валков.

Калибровка валков способствует получению правильного и точного профиля с минимальным расходом валков и электроэнергии на одну тонну годного проката, получению проката с чистой поверхностью, получению готового профиля за минимальное количество пропусков в целях повышения производительности стана; обеспечивает хороший захват полосы валками и правильный выход ее из валков, возможность механизации и автоматизации процесса прокатки, прокатку максимального количества профилей разных размеров и марок с минимальной затратой времени на перевалку валков и перестройку.

Классификация калибров

Применяемые при прокатке калибры по назначению можно разделить на следующие четыре типа:

1. *Обжимные или вытяжные* — для уменьшения площади сечения слитка или заготовки.

2. *Черновые или подготовительные* — для дальнейшей вытяжки и грубой обработки профиля с постепенным приближением его размеров и формы к конечному сечению.

3. *Предотделочные или предчистовые*, предшествующие чистовым.

4. *Отделочные или чистовые калибры*, придающие профилю окончательный вид.

В табл. 7 приведены калибры простой формы, получившие самое широкое применение.


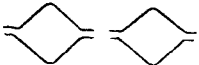



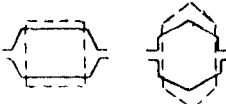
Кроме этих калибров, применяется большое количество калибров для различных фасонных и специальных профилей.

По способу врезания различают калибры:

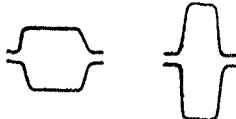

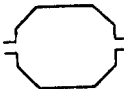
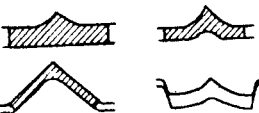
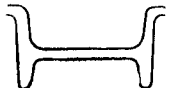
1. *Прямые* (с вертикальной осью, перпендикулярной оси валков).

2. *Наклонные* (с вертикальной осью, расположенной под углом к оси валков).

ТАБЛИЦА 7

Название и форма калибров	Применение калибров
 Ящичные или прямоугольные	Вытяжные на блюмингах, обжимных трехвалковых станах, непрерывных станах и в черновых клетях сортовых станое
 Ромбические	Предчистовые при прокатке квадратной стали. Вытяжные в системах ромб—ромб и ромб—квадрат
 Квадратные	Чистовые при прокатке квадратной стали. Вытяжные в системах ромб—квадрат, овал—квадрат, шестигранник—квадрат
 Овальные	Предчистовые при прокатке круглой стали. Вытяжные в системе овал—квадрат, овал—круг. Чистовые при прокатке специального профиля
 Круглые	Чистовые при прокатке круглой стали. Вытяжные в системе овал—круг
 Шестигранные	Вытяжные в системе шестигранник—квадрат. Чистовые и предчистовые при прокатке шестигранной стали

Продолжение табл. 7

Название и форма калибров	Применение калибров
 Ребровые	Черновые и предчистовые при прокатке полосовой стали
 Полосовые	Черновые и чистовые при прокатке полосового железа, рессорной стали, штрипсов и ленты
 Многогранные	Предчистовые при прокатке круглой стали крупных размеров
 Угловые	Черновые и предчистовые при прокатке угловой стали
 Балочные	Черновые и чистовые при прокатке балок

Примечание. Пунктиром показан профиль полосы, задаваемой в калибр.

3 Открытые (с линией разъема валков в пределах калибра)
 4 Закрытые (с линией разъема валков вне пределов калибра)
 Последовательность расположения калибров перечисленных типов при прокатке угловой стали показана на рис 19

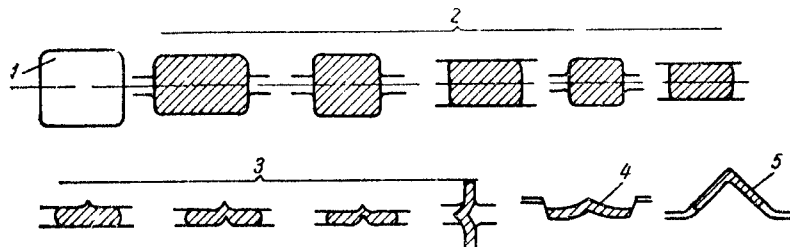


Рис 19 Последовательность расположения калибров при прокатке угловой стали

1 — заготовка, 2 — вытяжные (обжимные) калибры, 3 — подготовительные (черновые) калибры, 4 — предчистовой калибр (закрытый), 5 — чистовой калибр (открытый)

Элементы калибра и его построение

Зазор между валками. Калибры ограничены с боков буртами. Число буртов на бочке валка больше числа калибров на единицу. Ширину буртов делают равной половине их высоты для стальных

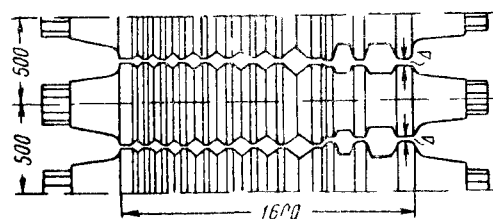


Рис 20 Зазор между валками

валков и равной их высоте для чугунных валков. Крайние бурты делают шире промежуточных. Расстояние между буртами спаренных валков (рис 20) называют *зазором между валками*. Он устанавливается с учетом отдачи валков, вызываемой упругой деформацией металла стана. Таким образом, высота калибра h складывается не только из глубины врезки ручьев в нижний h_n и верхний h_v валка, но и из зазора между валками Δ .

Тогда высоту h калибра можно определить по формуле

$$h = h_n + h_v + \Delta \quad (36)$$

Величина зазора Δ между буртами валков определяется практически

Калибры	Зазоры между буртами валков
Чистовые	$0,01 D_0$ и $0,004 D_0$ (для валков с роликовыми подшипниками)
Черновые	$0,02 D_0$
Обжимные	$0,03 D_0$

D_0 — начальный номинальный диаметр валков (расстояние между осями шевронных шестерен)

Выпуск калибра. Боковые поверхности открытых и закрытых калибров выполняются с некоторым наклоном к оси валков (рис 21),

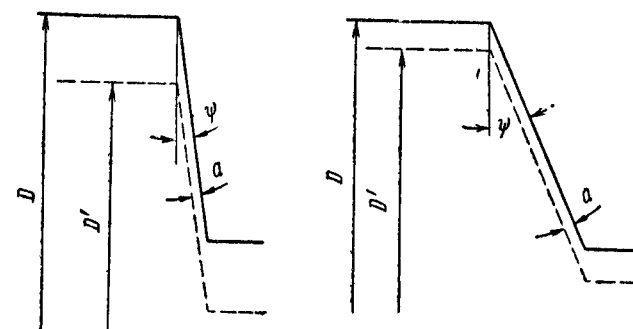


Рис 21 Наклон боковых стенок калибра к оси валков

величина которого зависит от назначения калибра, характера профиля, допусков на готовый профиль (в чистовых калибрах) и других факторов. Тангенс наклона боковых стенок калибра к оси валков называется *выпуском*

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{B_k - b_k}{2h_p}, \quad (37)$$

где B_k — ширина калибра при разъеме валков,

b_k — ширина при основании калибра,

h_p — высота ручья калибра

С увеличением угла наклона боковых стенок калибра величина обточки валков по диаметру ($D_0 - D'$), уменьшается, что следует из уравнения

$$D_0 - D' = \frac{2a}{\operatorname{tg} \psi}, \quad (38)$$

где a — глубина выработки стенки калибра

Выпуск делается в ящичных, прямоугольных, ребровых, полосовых, балочных и других калибрах

Величина уклона боковых стенок калибра составляет при прокатке в ящичных калибрах 10—20%, полос 1,5—3,0%, швеллеров 3—15%, двутавровых балок 2—25%. Благодаря наклону боковых стенок калибра обеспечивается удобство подачи полосы в калибр и выход ее из калибра, а также правильное центрирование полосы

в калибре. Этому же способствует закругление углов в местах выхода боковых стенок калибра на поверхность буртов.

Выпуск обеспечивает возможность переточки валка с сохранением ширины калибра, без выпуска она после каждой переточки увеличивается.

Разъем калибра называется место перехода границы профиля с одного валка на другой. В разъем калибра заекает металл в случае переноса, образуя так называемый «ус» или «заусенец».



Рис. 22. Пример чередования положения разъема калибров при прокатке полосы

Чтобы избежать образования заусенцев при прокатке в закрытых калибрах, положение разъема меняют в каждом следующем калибре (рис. 22).

Построение калибра

Размеры чистового калибра должны быть больше размеров готового профиля на величину усадки (сокращение объема в результате охлаждения металла до 800—900°С) при окончании прокатки. Усад-

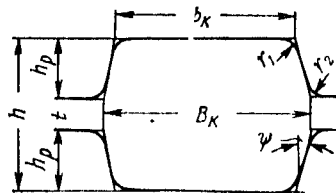


Рис. 23. Обозначение элементов ящичного калибра

ка принимается равной 1—1,5%. Горячие размеры чистового профиля и промежуточных профилей устанавливаются по формуле, учитывающей коэффициент усадки.

Вначале вычерчивается так называемый «скелет» калибра, т. е. калибр без закруглений. После этого строится форма калибра с учетом выбранных радиусов.

В качестве примера на рис. 23 показаны обозначения ящичного калибра и его построение.

Расположение калибров на валках

Определение диаметров и линий рабочих валков. Различают следующие диаметры валков:

1. Номинальный диаметр D_n — это воображаемый диаметр, при котором валки соприкасались бы друг с другом без зазора Δ . Начальный номинальный диаметр валков D_0 — расстояние между осями шевронных шестерен.

2. Средний диаметр D_{cp} — расстояние между осями пары валков.

3. Рабочий или катающий диаметр D_p — диаметр валка, когда происходит соприкосновение его с металлом.

При построении калибров пользуются следующими геометрическими линиями:

1. Средняя линия валков — горизонтальная линия, делящая расстояние между осями валков пополам ($\frac{D_{cp}}{2}$).

2. Нейтральная линия — линия, проходящая через центры тяжести калибров.

3. Линия прокатки — горизонтальная линия, совмещенная с нейтральной линией калибров валков.

Верхнее и нижнее давление. Линия прокатки находится выше или ниже средней линии валков в зависимости от величины нижнего и верхнего давления. Для того чтобы заранее предопределить направление движения полосы, применяют валки разных диаметров. Верхнее или нижнее давление в калибрах прокатных валков определяется разностью между рабочими диаметрами:

$$+m = D_p^B - D_p^H \text{ — верхнее давление,}$$

$$-m = D_p^H - D_p^B \text{ — нижнее давление.}$$

Нижнее давление ($-m$) осуществляют на блюмингах и тяжелых станах для предотвращения удара выходящей полосы о первые ролики рольганга, оно обычно принимается равным 10 мм. Верхнее давление осуществляют на среднесортных и мелкосортных станах для прижатия полосы к нижней проводке, чем обеспечивается ее прямолинейный выход. Обычно величина верхнего давления в клетях дуо составляет 2—6 мм.

Опытом установлено, что разница в диаметрах валков для ящичных (обжимных) калибров не должна быть выше 2—3% D_n , причем в последнем калибре она не должна превышать 1%; разница в диаметрах валков для других типов обжимных калибров открытой формы не должна быть выше 1%; для чистовых калибров разницу в диаметрах валков следует по возможности доводить до нуля.

Порядок расположения калибров на валках разработан проф. А. П. Виноградовым (рис. 24).

Правила расположения калибра на бочке валка сводятся к следующему:

1. При данных D_{cp} , m , h наносится средняя линия валков AB .

2. Определяется значение $\frac{m}{4}$.

3. На расстоянии равном $\frac{m}{4}$ от средней линии AB проводится линия прокатки CD (она же и нейтральная линия); для создания верхнего давления $\frac{m}{4}$ откладывается ниже средней линии, для соз-

дания нижнего давления — выше; при $\frac{m}{4} = 0$ линия прокатки и средняя линия валков совпадают.

4. Определяют рабочие диаметры D_p при постоянном катающем диаметре:

$$D_p = D_n - h. \quad (39)$$

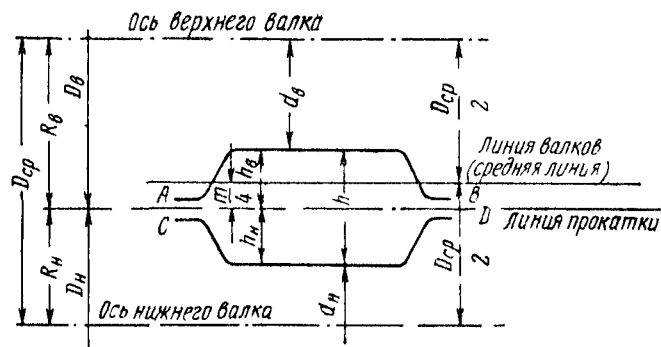


Рис. 24. Расположение линии прокатки и средней линии валков

при непостоянном катающем диаметре (рис. 25):

$$D_p = D_n - \frac{F}{b}, \quad (40)$$

где h — высота калибра, мм;
 F — площадь калибра, мм²;
 b — ширина калибра, мм.

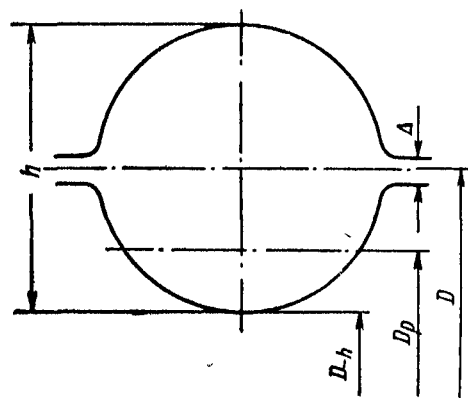


Рис. 25. Катающий диаметр валков

Определение положения нейтральной линии. В калибрах простой формы нейтральная линия является горизонтальной осью симметрии, делящей высоту калибра пополам.

Нейтральная линия фасонного калибра определяется тремя способами: проводится через центр тяжести фигуры калибра; проводится так, чтобы части калибра выше и ниже ее были равны по пло-

щади (рис. 26); проводится через середину высоты всего калибра (рис. 27).

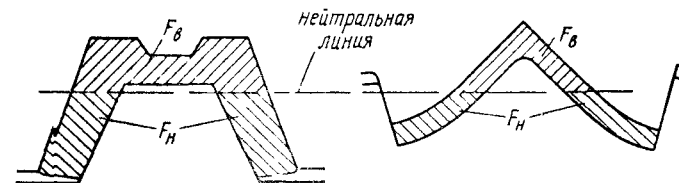
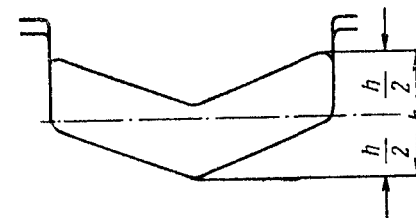


Рис. 28. Определение положения нейтральной линии калибра по второму способу

Рис. 27. Способ определения нейтральной линии несимметричного профиля по третьему способу



Методика расчета калибровки

1. Согласно заданию на проектирование калибровки профиля определенного размера прежде всего изучаются требования, предъявляемые в соответствии с ГОСТами или техническими условиями.
2. Изучаются условия прокатки (тип стана, мощность, скорость прокатки, условия нагрева), а также факторы, определяющие качество профиля (химический состав, механические свойства этой стали при температурах прокатки).
3. Выбирают схему прокатки с учетом требований, предъявляемых к качеству профиля и производительности стана.
4. Определяют оптимальные исходные размеры заготовки или слитка для получения требуемого профиля и его размера при заданных условиях работы прокатного стана.
5. Устанавливают средний коэффициент вытяжки.
6. Определяют полный коэффициент вытяжки и требуемое число проходов.
7. Строят кривую распределения температур по проходам.
8. Устанавливают коэффициенты вытяжек по проходам с таким расчетом, чтобы обеспечивались условия целостности металла при деформации; равномерности загрузки электродвигателя по проходам; нормального захвата металла валками; прочности валков.
9. Определяют форму и размеры калибров.
10. Для каждого шаблона калибра находят центр его тяжести.
11. Намечают среднюю линию.
12. Устанавливают значение верхнего или нижнего давления.
13. Определяют линию прокатки, с которой совмещается нейтральная линия.
14. Вычисляют контактную площадь соприкосновения металла с валком.

15. Определяют величину сопротивления деформации металла и давления металла на валок.

16. При данной схеме прокатки устанавливают производительность стана, используя диаграмму Адамецкого.

При расчете калибровки обычно проверяют мощность двигателя или определяют ее в случае проектирования нового стана, проверяют на прочность основные детали стана (валок, станину, подушки, подшипники).

Основные размеры заданного профиля в горячем состоянии определяются по формуле, учитывающей изменения линейных размеров геометрических фигур при нагреве.

Коэффициент вытяжки. При выборе коэффициента вытяжки в зависимости от мощности стана, скорости прокатки, температур прокатки, марки стали пользуются практическими данными.

Сортовой металл	
Калибры	Коэффициенты вытяжки
Чистовые	1,14—1,15
Ромбические	1,25—1,40
Квадратные	1,20—1,80
Полосовые	1,30—1,90
Фасонный металл	
Калибры	Коэффициенты вытяжки
Чистовые	1,10—1,20
Черновые для двутавровых балок и швеллеров	1,20—1,60
Черновые для уголков	1,30—1,80

Общий коэффициент вытяжки определяется по формуле

$$\mu_{об} = \frac{F_0}{F_n}, \quad (41)$$

где F_0 — площадь сечения слитка или заготовки;

F_n — площадь сечения заданного профиля.

Количество проходов определяется по формуле

$$n = \frac{\lg F_0 - \lg F_n}{\lg \mu_{ср}}. \quad (42)$$

Общий коэффициент вытяжки равен произведению частных коэффициентов вытяжек, т. е.

$$\mu_{об} = \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \mu_3 \cdot \dots \cdot \mu_{n-1} \cdot \mu_n. \quad (43)$$

При прокатке сортового и фасонного проката пользуются практическими коэффициентами вытяжки:

Блужинги и обжимные станы	1,10—1,25
Сортовые станы	
Сортовой прокат	
отделочные калибры	1,14—1,15
подготовительные калибры	1,14—1,60
система овал — квадрат	1,20—1,80
система ромб — квадрат	1,20—1,60
система ромб — ромб	1,25—1,40
полосовые и обрубные профили	1,15—1,90
обжимные калибры	1,30—1,80
Профильный прокат	
отделочные калибры	1,07—1,15
подготовительные калибры	1,20—1,80

Углы захвата принимаются по данным А. И. Целикова: при прокатке сортового металла угол захвата составляет 15—22°,

отношение $\frac{\Delta h}{D_p} \div \frac{1}{30} \div \frac{1}{15}$; при прокатке заготовки в валках с не-

сеченной или наваренной поверхностью угол захвата — 27—34°, от-

ношение $\frac{\Delta h}{D_p}$ составляет $\frac{1}{9} - \frac{1}{6}$.

Особенности калибровки валков для непрерывной прокатки

Основной особенностью непрерывной прокатки является обжатие металла одновременно в нескольких клетях. Чтобы не было натяжения или петлеобразования полосы, прокатка может осуществляться только при условии, если соблюдается постоянство секундных объемов прокатываемого металла:

$$F_1 v_1 = F_2 v_2 = \dots F_n v_n = \text{const}. \quad (44)$$

Заменим v выражением $\frac{\pi D n}{60}$ и учтем опережение, введя множитель $(1 + S)$; тогда получим

$$\frac{\pi D n}{60} (1 + S) \cdot F = \text{const}$$

или, сокращая на постоянную величину $\frac{\pi}{60}$,

$$D \cdot n \cdot F (1 + S) = C, \quad (45)$$

где F — площадь поперечного сечения в рассматриваемом ручье;

v — скорость выхода металла из валков;

D — рабочий или катающий диаметр валков;

n — число оборотов валков в минуту;

S — опережение полосы (в долях единицы);

C — константа калибровки непрерывного стана.

После расчета размеров всех калибров и определения константы (по первой или последней клетке) число оборотов валков остальных клеток находят из уравнения

$$n = \frac{C}{F D_p}. \quad (46)$$

Если число оборотов валков изменить нельзя, то для определения размеров калибра пользуются формулой

$$F D_p = \frac{C}{n}. \quad (47)$$

Фасонные профили, а также сплавы с высоким сопротивлением деформации на непрерывных станах, как правило, не прокатываются, на них в основном производится прокатка простых профилей (квадрат, круг, полоса).

КАЛИБРОВКА ВАЛКОВ ДЛЯ ПРОКАТКИ ПРОСТЕЙШИХ ПРОФИЛЕЙ

Калибровка валков подготовительных клетей

Подготовительная клеть входит в состав линейных станков, как обжимная (трио), на которой производится прокатка заготовки квадратного сечения 150×150, 100×100, 90×90, 75×75, 60×60 мм до квадрата 45×45, 40×40, 35×35 мм. При калибровке валков подготовительных клетей применяют калибры: ромбические, квадратные, овальные и ящичные.

Система ромб — ромб. Ромбические калибры позволяют получить квадратную заготовку путем повторного пропуска полосы после ее поворота на 90° через один и тот же калибр, а также изменять зазор между валками. К недостаткам этой системы калибровки относятся:

1. Ослабление валка в связи с большей (почти в 1,5 раза) глубиной вреза по сравнению с ящичными калибрами
2. Неравномерное охлаждение полосы, что иногда приводит к появлению трещин в углах
3. Плохое удаление окалины.
4. Необходимость кантовки после каждого пропуска

При прокатке в ромбических калибрах коэффициент вытяжки равен квадрату отношения диагоналей калибров

$$\mu = \left(\frac{b_1}{b_2}\right)^2 = \left(\frac{h_1}{h_2}\right)^2. \quad (48)$$

При увеличении угла у вершины ромба вытяжка также увеличивается. Средний коэффициент вытяжки принимается: $\mu_{ср} = 1,15—1,20$. Максимальный угол захвата 26—28°. Для практических расчетов пользуются следующими основными зависимостями между элементами ромба:

площадь ромба $F = 0,5 \cdot b \cdot h$;

острый угол ромба $\text{tg } \frac{\beta}{2} = \frac{h}{b}$;

тупой угол ромба $\alpha = 180 - \beta$;

ширина вреза ромбического калибра в валки $b_2 = b \left(1 - \frac{\Delta}{h}\right)$;

высота ромбического калибра с учетом закруглений радиусом r

$$h_k = h - 2r \left(\sqrt{1 + \left(\frac{h}{b}\right)^2} - 1 \right);$$

$$\text{глубина ручья (глубина вреза в один валок)} \quad h_p = \frac{h_k - \Delta}{2}.$$

Если известен коэффициент вытяжки μ и угол α при вершине ромба, задаваемого в следующих ромбический калибр, то линейное обжатие можно определить по формуле

$$\Delta h = b_1 \left(1 - \frac{1}{\text{tg } \frac{\alpha}{2} \sqrt{\mu}} \right). \quad (49)$$

Наиболее распространен метод построения ромба, по которому ширина последующего калибра равна высоте предыдущего (без закругления):

$$b_n = h_{n-1}. \quad (50)$$

При коэффициенте вытяжки μ , равном 1,18—1,20 углы при вершинах ромбов рекомендуется принимать в зависимости от размера готового квадрата:

Размер квадрата, мм	6—8	8—10	10—14	14—22	22—30	30—50	50—75
Углы при вершинах ромбов, град.	120	118	116	114	112	110	108

На ромбах больших размеров наиболее распространен угол 100° при вершине (по данным завода «Электросталь», 94—98°). Радиус закругления при вершине

$$r_1 = (0,2 \div 0,4) a,$$

где a — сторона ромба,
радиус закругления у буртов

$$r_2 = (0,15 \div 0,20) a,$$

простор для уширения

$$\Delta b \geq k \Delta h,$$

где $k = 0,15—0,30$,
величина зазора между валками

$$\Delta = (0,01—0,02) D_{II}.$$

Построение ромбического калибра показано на рис. 28. На современных непрерывных прокатных станах калибровка по системе ромб — ромб применяется редко

Система квадрат — ромб — квадрат Применяется, как вытяжная, а также для получения квадратной заготовки различных размеров из промежуточных калибров (рис. 29). Преимущества этой системы:

1. Возможность получения ряда промежуточных квадратов, имеющих лучшую геометрическую форму, чем при прокатке в ромбических калибрах.
2. Большие обжатия в связи с возможностью применения ромбов с большими углами при вершине (до 135°).

Недостатки системы те же, что и у системы ромб — ромб. При построении ромба с диагоналями, равными диагоналям большего и меньшего квадратов, отношение диагоналей дает величину вытяжки

$$\mu = \frac{A}{a} = \frac{1,41A}{1,41a} = \frac{b}{h}. \quad (51)$$

В применяемых на практике калибровках вытяжка в системе квадрат — ромб колеблется от 1,2 до 1,6. При этом в черновых калибрах употребляются вытяжки порядка 1,25 — 1,45. Коэффициенты вытяжки в ромбическом и квадратном калибрах принимаются одинаковыми

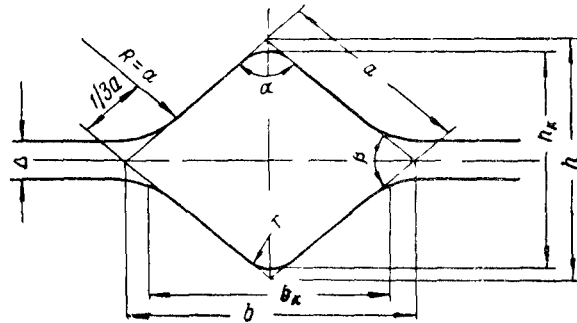


Рис 28 Построение ромбического калибра

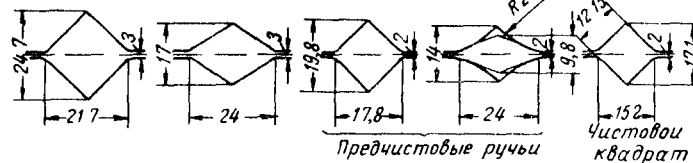


Рис 29 Калибровка квадратной стали

Геометрия квадрата

Площадь квадрата $F = 0,5 \cdot b \cdot h$ Сторона квадрата $a = \sqrt{F}$ или при $b = h$

$$a = \sqrt{0,5b^2} = 0,707b,$$

ширина вреза квадратного калибра в валки

$$b_k = b - \Delta,$$

высота квадратного калибра с учетом закруглений

$$h_k = h - 2r(\sqrt{2} - 1) \approx h - 0,83r,$$

глубина ручья

$$h_p = \frac{h - \Delta}{2},$$

высота ромбического калибра

$$h = (1,3 + 1,38) a - \frac{A - a}{2A} \left(\sqrt{R_p(A - a)} - \frac{A - a}{2f} \right), \quad (52)$$

ширина ромбического калибра при известной площади и высоте

$$b = \frac{2F}{h}$$

Ширину ромба берут больше диагонали задаваемого в него квадрата, а высоту — меньше диагонали последующего квадрата на величину уширения в этих калибрах

$$\left. \begin{aligned} b &= 1,41A + \Delta b_{\text{ромб}}, \\ h &= 1,41a - \Delta b_{\text{квадр}} \end{aligned} \right\} \quad (53)$$

Правила построения квадрата те же, что и для ромбических калибров

Угол при вершине вытяжного квадрата до 93°

Угол при вершине отделочного квадрата $90^\circ 30'$

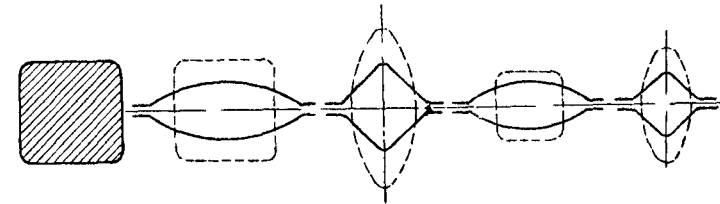


Рис 30 Система овал — квадрат

Система овал — квадрат — наиболее распространенная вытяжная система при прокатке простых профилей (рис 30). Овальные калибры применяются, как вытяжные, а при прокатке круга, как пред-отдольные.

Преимущества этой системы

1 Возможность осуществления больших вытяжек (в овале до 2 и в квадрате до 1,8)

2 Устойчивое расположение овала в квадратном калибре, что позволяет применить автоматические обводки

3 Равномерное охлаждение металла

Недостатки системы

1 Неравномерный и быстрый износ калибров в связи с неравномерной деформацией металла в овале и квадрате

2 Невозможность получения квадратов промежуточных размеров

3 Образование складок у боков овала и на вершинах квадрата, приводящих к появлению волосовин

Площадь овала определяется в зависимости от соотношения между элементами овала и его формой (табл 8)

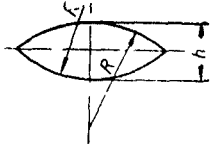
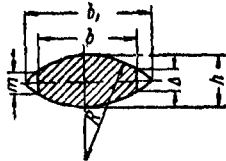
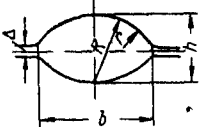
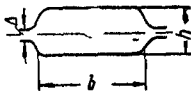
Толщину овала вычисляют по формуле

$$h_{\text{ов}} = a - 5(\mu_{\text{кв}} - 1), \quad (54)$$


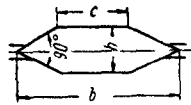
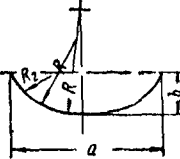
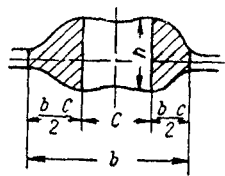
где a — сторона ближайшего меньшего квадрата;

$\mu_{\text{кв}}$ — вытяжка в ближайшем меньшем квадрате

Таблица 8

Конструкция овальных калибров	Формула для определения площади
 <p>Овал, состоящий из двух сегментов</p>	$F = \frac{2}{3} bh$
 <p>Овал, состоящий из двух сегментов (по данным Б. П. Бахтинова)</p>	$F = \frac{1}{3} \left(\frac{m}{R} + 2 \right) bh$
 <p>Двухрадиусный овальный калибр (по данным А. Ф. Головина)</p>	$F = \frac{\pi}{4} bh$
 <p>Плоский овальный калибр</p>	$F = bh \left(1 - 0,215 \frac{h}{b} \right)$

Продолжение табл 8

Конструкция овальных калибров	Формула для определения площади
 <p>Овальный калибр с вогнутым контуром</p>	—
 <p>Шестигранный овал</p>	$F = \frac{bh}{2} \left(1 + \frac{c}{b} \right)$
 <p>Трёхрадиусный овал</p>	—
 <p>Видоизмененный плоский овал (по данным Б. П. Бахтинова)</p>	$F = \frac{bh}{3} \left(2 + \frac{c}{b} \right)$

По диаграмме (рис 31) определяют общую вытяжку в овальном и квадратном калибрах ($\mu_{ок}$). Затем по диаграмме (рис 32) определяют отношение вытяжки в квадратном и овальном калибрах ($\frac{\mu_{кв}}{\mu_{ов}}$), после чего — коэффициент вытяжки в квадратном калибре по формуле

$$\mu_{кв} = \sqrt{\frac{\mu_{кв}}{\mu_{ов}}} \mu_{ок} \quad (55)$$

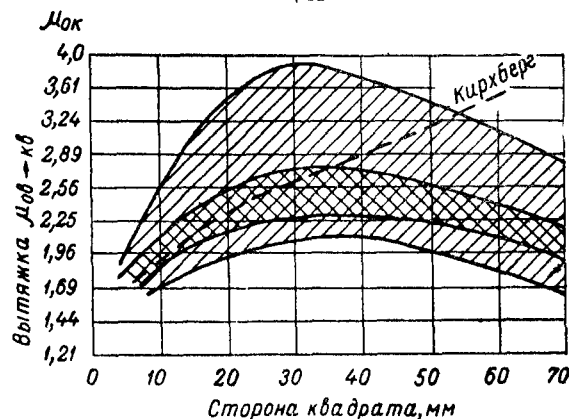


Рис 31 Определение общей вытяжки в квадратном и овальном калибрах

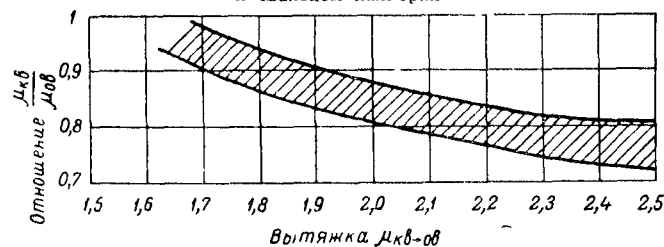


Рис 32 Соотношение между коэффициентом вытяжки в квадратном и овальном калибрах

и, наконец, коэффициент вытяжки в овальном калибре — из соотношения

$$\mu_{ов} = \frac{\mu_{ок}}{\mu_{кв}} \quad (56)$$

Зная площадь овала и его высоту, определяют отношение

$$\frac{F_{ов}}{h_{ов}^2},$$

по которому находят все размеры овала (табл 9)

ТАБЛИЦА 9

$\frac{b}{h}$	$\frac{F}{h^2}$	$\frac{r}{h}$	$\frac{b}{h}$	$\frac{F}{h^2}$	$\frac{r}{h}$	$\frac{b}{h}$	$\frac{F}{h^2}$	$\frac{r}{h}$
1,10	0,843	0,5525	1,50	1,084	0,8125	1,90	1,334	1,1525
1,11	0,849	0,5580	1,51	1,090	0,8200	1,91	1,341	1,1621
1,12	0,855	0,5636	1,52	1,096	0,8276	1,92	1,347	1,1716
1,13	0,861	0,5692	1,53	1,102	0,8352	1,93	1,353	1,1812
1,14	0,867	0,5749	1,54	1,108	0,8429	1,94	1,360	1,1909
1,15	0,873	0,5806	1,55	1,115	0,8506	1,95	1,366	1,2006
1,16	0,878	0,5864	1,56	1,121	0,8584	1,96	1,372	1,2104
1,17	0,884	0,5922	1,57	1,127	0,8662	1,97	1,379	1,2202
1,18	0,890	0,5981	1,58	1,133	0,8741	1,98	1,385	1,2301
1,19	0,896	0,6040	1,59	1,140	0,8820	1,99	1,391	1,2400
1,20	0,902	0,6100	1,60	1,146	0,8900	2,00	1,398	1,2500
1,21	0,908	0,6160	1,61	1,152	0,8980	2,01	1,404	1,2600
1,22	0,914	0,6221	1,62	1,158	0,9061	2,02	1,411	1,2701
1,23	0,920	0,6282	1,63	1,164	0,9142	2,03	1,417	1,2803
1,24	0,926	0,6344	1,64	1,171	0,9224	2,04	1,423	1,2904
1,25	0,932	0,6406	1,65	1,177	0,9306	2,05	1,430	1,3006
1,26	0,938	0,6469	1,66	1,183	0,9389	2,06	1,436	1,3109
1,27	0,944	0,6532	1,67	1,189	0,9472	2,07	1,442	1,3213
1,28	0,950	0,6596	1,68	1,196	0,9566	2,08	1,449	1,3316
1,29	0,956	0,6660	1,69	1,202	0,9640	2,09	1,455	1,3421
1,30	0,962	0,6725	1,70	1,208	0,9725	2,10	1,462	1,3525
1,31	0,968	0,6790	1,71	1,215	0,9810	2,11	1,468	1,3630
1,32	0,974	0,6856	1,72	1,221	0,9886	2,12	1,474	1,3736
1,33	0,980	0,6922	1,73	1,227	0,9982	2,13	1,481	1,3848
1,34	0,986	0,6989	1,74	1,233	1,0069	2,14	1,487	1,3949
1,35	0,992	0,7056	1,75	1,240	1,0156	2,15	1,493	1,4051
1,36	0,998	0,7124	1,76	1,246	1,0244	2,16	1,500	1,4664
1,37	1,004	0,7192	1,77	1,252	1,0332	2,17	1,506	1,4277
1,38	1,010	0,7261	1,78	1,258	1,0421	2,18	1,513	1,4381
1,39	1,017	0,7330	1,79	1,265	1,0510	2,19	1,519	1,4490
1,40	1,023	0,7400	1,80	1,271	1,0600	2,20	1,526	1,4600
1,41	1,029	0,7470	1,81	1,277	1,0690	2,21	1,532	1,4710
1,42	1,035	0,7541	1,82	1,284	1,0781	2,22	1,538	1,4821
1,43	1,041	0,7612	1,83	1,290	1,0872	2,23	1,545	1,4932
1,44	1,047	0,7684	1,84	1,296	1,0964	2,24	1,551	1,5044
1,45	1,053	0,7756	1,85	1,308	1,1056	2,25	1,558	1,5156
1,46	1,059	0,7829	1,86	1,309	1,1149	2,26	1,564	1,5269
1,47	1,065	0,7902	1,87	1,315	1,1242	2,27	1,570	1,5382
1,48	1,071	0,7976	1,88	1,322	1,1336	2,28	1,577	1,5496
1,49	1,078	0,8050	1,89	1,328	1,1430	2,29	1,583	1,5611

$\frac{b}{h}$	$\frac{F}{h^2}$	$\frac{r}{h}$	$\frac{b}{h}$	$\frac{F}{h^2}$	$\frac{r}{h}$	$\frac{b}{h}$	$\frac{F}{h^2}$	$\frac{r}{h}$
2,30	1,590	1,5725	2,71	1,855	2,0880	3,11	2,116	2,6680
2,31	1,596	1,5840	2,72	1,861	2,0996	3,12	2,122	2,6836
2,32	1,602	1,5956	2,73	1,868	2,1132	3,13	2,129	2,6992
2,33	1,609	1,6072	2,74	1,874	2,1269	3,14	2,135	2,7149
2,34	1,615	1,6189	2,75	1,881	2,1406	3,15	2,142	2,7306
2,35	1,622	1,6306	2,76	1,888	2,1544	3,16	2,148	2,7464
2,36	1,628	1,6424	2,77	1,894	2,1682	3,17	2,155	2,7622
2,37	1,635	1,6542	2,78	1,900	2,1821	3,18	2,161	2,7781
2,38	1,641	1,6661	2,79	1,907	2,1960	3,19	2,168	2,7940
2,39	1,648	1,6780	2,80	1,913	2,2100	3,20	2,175	2,8100
2,40	1,654	1,6900	2,81	1,920	2,2240	3,21	2,181	2,8260
2,41	1,661	1,7020	2,82	1,927	2,2381	3,22	2,188	2,8421
2,42	1,667	1,7141	2,83	1,933	2,2522	3,23	2,194	2,8582
2,43	1,674	1,7262	2,84	1,940	2,2664	3,24	2,201	2,8744
2,44	1,680	1,7384	2,85	1,946	2,2806	3,25	2,207	2,8904
2,45	1,686	1,7500	2,86	1,953	2,2949	3,26	2,214	2,9069
2,46	1,693	1,7629	2,87	1,959	2,3092	3,27	2,220	2,9232
2,47	1,700	1,7752	2,88	1,966	2,3236	3,28	2,227	2,9396
2,48	1,706	1,7876	2,89	1,972	2,3380	3,29	2,233	2,9560
2,49	1,712	1,8000	2,90	1,979	2,3525	3,30	2,240	2,9725
2,50	1,719	1,8125	2,91	1,985	2,3670	3,31	2,247	2,9890
2,51	1,725	1,8250	2,92	1,992	2,3816	3,32	2,253	2,0056
2,52	1,732	1,8376	2,93	1,998	2,3962	3,33	2,260	3,0222
2,53	1,738	1,8502	2,94	2,005	2,4109	3,34	2,266	3,0389
2,54	1,745	1,8629	2,95	2,011	2,4256	3,35	2,273	3,0556
2,55	1,751	1,8756	2,96	2,018	2,4404	3,36	2,280	3,0724
2,56	1,758	1,8884	2,97	2,024	2,4552	3,37	2,286	3,0892
2,57	1,764	1,9012	2,98	2,031	2,4701	3,38	2,292	3,1061
2,58	1,770	1,9141	2,99	2,037	2,4850	3,39	2,299	3,1230
2,59	1,777	1,9270	3,00	2,044	2,5000	3,40	2,306	3,1400
2,60	1,784	1,9400	3,01	2,050	2,5150	3,41	2,312	3,1570
2,61	1,790	1,9530	3,02	2,057	2,5301	3,42	2,319	3,1741
2,62	1,797	1,9661	3,03	2,063	2,5462	3,43	2,325	3,1912
2,63	1,803	1,9792	3,04	2,070	2,5604	3,44	2,332	3,2084
2,64	1,809	1,9924	3,05	2,076	2,5756	3,45	2,339	3,2256
2,65	1,816	2,0056	3,06	2,083	2,5909	3,46	2,345	3,2426
2,66	1,822	2,0189	3,07	2,089	2,6062	3,47	2,352	3,2602
2,67	1,829	2,0232	3,08	2,096	2,6216	3,48	2,358	3,2776
2,68	1,835	2,0456	3,09	2,103	2,6370	3,49	2,365	3,2950
2,69	1,842	2,0590	3,10	2,109	2,6525	3,50	2,371	3,3125
2,70	1,848	2,0725						

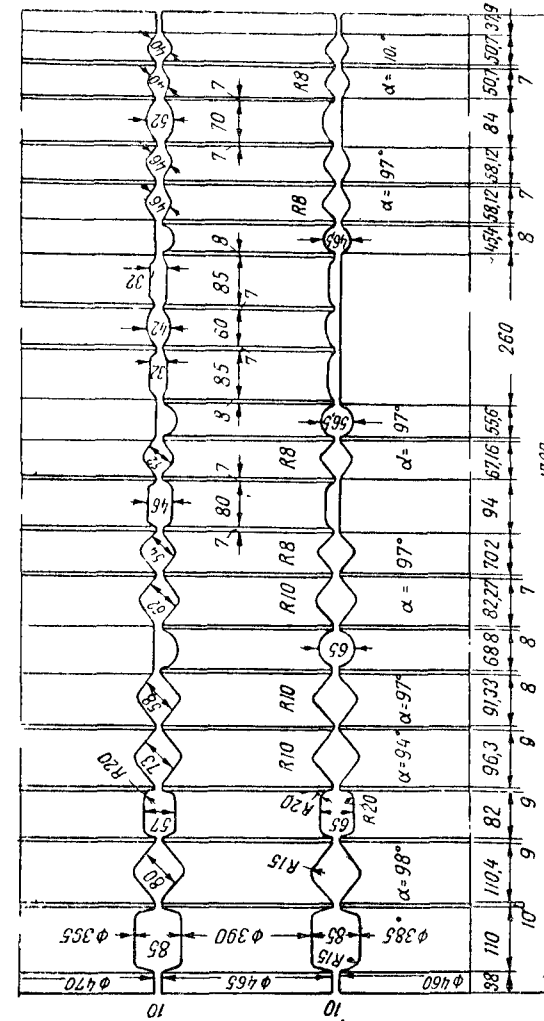


Рис. 33. Калибровка валков подготовительной клетки 450 мелкосортного стана 300

Ящичные калибры нарезаются на валках подготовительных клетей. В них производят первые два или четыре прохода металла. При этом производится удаление окалины с поверхности заготовки и контролируется пластичность ее после нарезки. В качестве примера на рис. 33 приводится калибровка валков подготовительной клетки 450 стана 300. Особенность такой калибровки — ее универсальность, позволяющая катать по разным схемам: ромб — ромб для пластичных сталей, овал — квадрат и овал — круг для малоуглистых сталей типа быстрорежущей стали Р18.

Калибровка круглых профилей

Для всех размеров круглой стали чистовой калибр можно получить в виде правильного круга:

$$d_k = (1,012 \div 1,05) d,$$

где d — номинальный диаметр круглого профиля.

В чистовом круглом калибре вытяжка колеблется в пределах 1,07—1,15, а при прокатке полосы квадратного сечения в овальном предчистовом калибре в пределах 1,14—1,40.

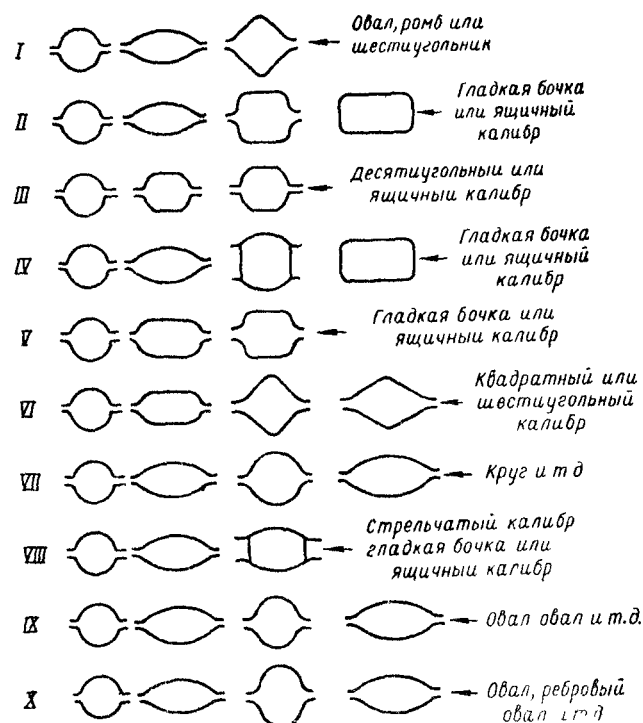


Рис. 34. Схемы прокатки круглой стали

ТАБЛИЦА 10

Диаметр круглой стали мм	Овал		Сторона квадрата
	$\frac{h}{d}$	$\frac{b}{h}$	
5—7	0,69—0,78	2,35—2,5	d
7—9	0,75—0,85	1,75—2,10	d
9—11	0,80—0,85	1,67—1,80	$d + (0,25—0,5)$
12—15	0,80—0,87	1,60—1,70	$d + 1$
16—20	0,87—0,90	1,50—1,60	$d + 2$
21—25	0,90—0,92	1,47—1,50	$d + 3$
26—35	0,90—0,94	1,47—1,50	$d + 3$
36—40	0,90	1,40—1,50	$d + (4—7)$
42—50	0,91	1,40	$d + (8—12)$
52—60	0,92	1,40	$d + (12—15)$
65—80	0,92	1,40	$d + (12—15)$
80	0,93	1,40	$d + (12—15)$

ТАБЛИЦА 11

Диаметр круга мм	b	b_1	R	R_1	r	Δ
Более 140	1,2	$(0,40—0,43) d$	$0,50d$	18	6—8	12
135—120		$(0,42—0,45) d$		15	6—8	12
115—100		$(0,44—0,48) d$		15	6—8	10
95—85		$(0,46—0,50) d$		12	6	10
80—75	1,26	$(0,48—0,52) d$	$0,51d$	12	6	8
70—65		$(0,48—0,52) d$		10	6	8
60—55		$(0,50—0,52) d$		10	6	8
54—50		$(0,50—0,53) d$		8	6	6

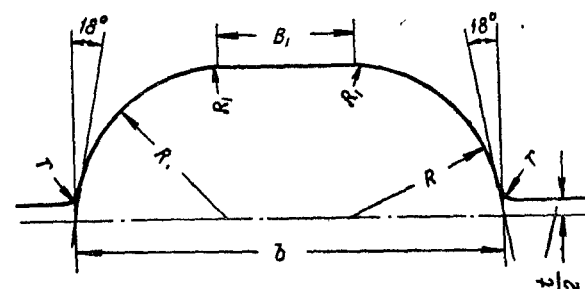


Рис. 35. Построение плоского овала

Размеры предотделочного овала и подготовительного квадрата определяются в зависимости от размеров круглой стали (табл. 10). На рис 34 приведены схемы прокатки круглой стали. Размеры для построения предотделочных плоских овалов (рис 35) при прокатке круга диаметром более 80 мм определяются по данным табл 11

Калибровка квадратных профилей

Для получения геометрически точного квадрата, соответствующего требованиям ГОСТ 2591—57, все основные размеры для построения калибров определяются по расчетным формулам (табл 12)

ТАБЛИЦА 12

Расчетные величины	Формулы и обозначения
Вертикальная диагональ чистового калибра	$h = 1,41a$, где a — сторона квадрата в нагретом состоянии
Горизонтальная диагональ того же калибра	$b = 1,42a$
Площадь предчистового ромбического калибра	$F_p = \mu_{кв} \cdot F_{кв}$, где $\mu_{кв}$ — коэффициент вытяжки при прокатке в чистовом калибре (1,10 — 1,15)
Высота ромбического калибра	$h_p = b_{кв} - 0,1a$
Ширина ромбического калибра	$b_p = \frac{2F_p}{h_p}$
Коэффициент вытяжки в предчистовом ромбе	$\mu = 1,26 - 1,35$
Величина зазора	$\Delta = (0,008 - 0,011) D_n$
Размеры предчистового ромба для квадратов от 30×30 до 140×140 мм	$h_p = 1,8a - 0,39A$, где h_p и b_p — размеры ромба под острым углом $b_p = 1,95A - 0,54a$, где A и a — стороны смежных квадратов (A — предчистового, a — чистового)
Угол при вершине квадрата со стороной < 15 мм > 15 мм	90° 90° 5' — 91°

На рис 36 показаны калибры для прокатки на стане 300 квадратной стали 32 × 32 мм с применением одного промежуточного ромба

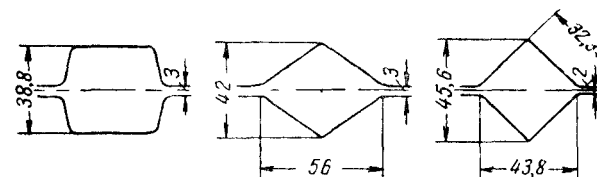


Рис 36 Калибровка квадратной стали 32 × 32 мм

Калибровка валков для прокатки шестигранной стали

ГОСТ 2879—57 предусматривает прокатку шестигранной стали размерами 7—80 мм

На рис 37 показаны три схемы прокатки этой стали, первая из них считается наиболее рациональной. При определении размеров

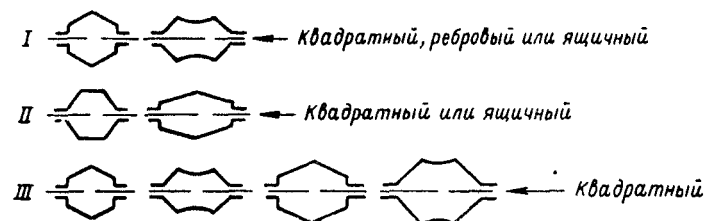


Рис 37 Схемы прокатки шестигранной стали

шестигранной стали за основу принимается диаметр вписанного круга d

Обозначение размеров шестигранной стали указано на рис. 38. Сторона шестигранной стали

$$c = \frac{d}{\sqrt{3}} = 0,577d,$$

площадь

$$F = \frac{1}{2} \sqrt{3} d^2 = 0,866d^2,$$

диаметр описанной окружности

$$d_{оп} = \frac{2d}{\sqrt{3}} = 1,155d$$

Боковым стенкам чистового калибра придается уклон 5—8%. Обозначения размеров предчистового шестигранного калибра приведены на рис 39, а данные для его построения — в табл 13

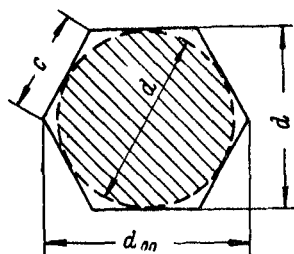


Рис 38 Обозначение размеров шестигранной стали

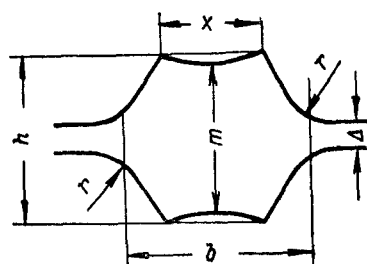


Рис 39 Построение предчистового шестигранного калибра

ТАБЛИЦА 13

Размеры калибра	Размеры шестигранника, мм		
	7—12	13—20	21—30
h	$d - (1,2-1,6)$	$d - (1,7-2,0)$	$d - (2,0-2,5)$
m	$h - (0,2-0,4)$	$h - (0,6-1,0)$	$h - 1,0$
x	1,3c	1,3c	1,3c
b	2x	2x	2x
Δ	1,5—2,5	2,5—3,0	3,5—5,0

Примечание. d и c — соответственно диаметр и сторона шестигранника.

Калибровка валков для прокатки полосы

Полосовой сталью называется профиль прямоугольного сечения шириной от 12 до 200 мм и толщиной от 3,5 до 60 мм (полосовая сталь, ступенчатая полоса для прокатки тонких листов, штрипсы для сварных труб, обручная сталь, шинная сталь, рессорная сталь и др.) На рис 40 представлены типовые схемы калибровки валков для прокатки полосовой стали. При калибровке валков для прокатки полосовой стали используют ребровые калибры (рис 41) ширина дна ребрового калибра.

$$b_k = 0,98b - 1,05b,$$

где b — ширина полосы,

уклон боковых стенок 5—10% или $\tan \psi = 0,05 - 0,10$,

выпуклость дна калибра $s = 0,5 - 1,0$ мм

Глубина вреза ручья h_p выбирается из расчета получения нормального зазора (около $0,015 D$) при прокатке наиболее узких полос, для которых используется данный калибр. Углы калибра выполняются острыми, фаски буртов округляются

$$r = 5 - 15 \text{ мм.}$$

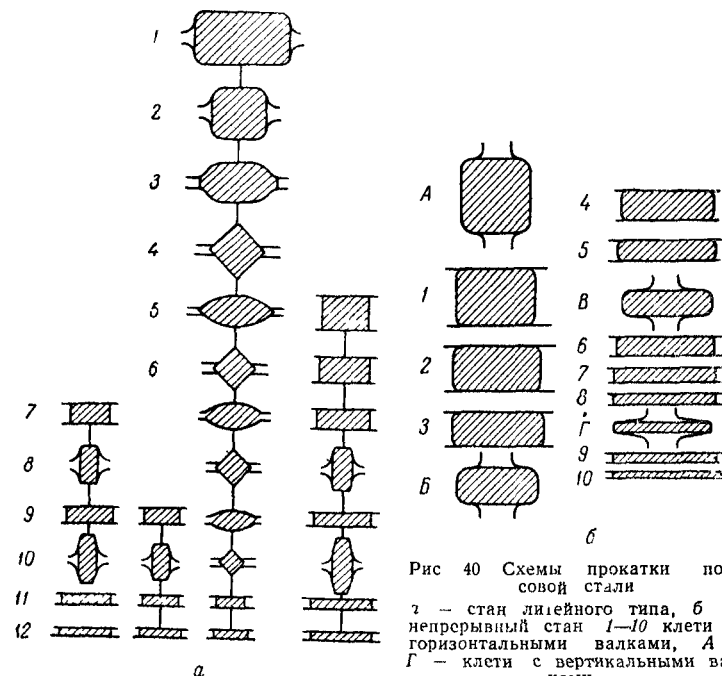


Рис 40 Схемы прокатки полосовой стали
а — стан литейного типа, б — непрерывный стан 1—10 — клетки с горизонтальными валками, А — Г — клетки с вертикальными валками

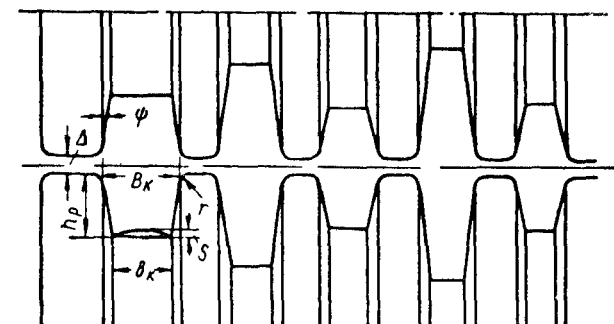


Рис 41 Валки с ребровыми калибрами

При расчете калибровки валков для прокатки полосовой стали определяют сторону предотделочного квадрата по формуле

$$a = \frac{1,015b + kh}{1 + k}, \quad (57)$$

где b — ширина полосы,
 h — толщина полосы;

$$k = 0,2 \div 0,4.$$

Общий коэффициент деформации рассчитывают по формуле

$$\eta_{0,p} = \frac{a}{h}.$$

Затем по табл. 14 находят общий коэффициент деформации η_T , близкий к $\eta_{0,p}$, после чего из этой же таблицы выписывают частные коэффициенты деформации по проходам и рассчитывают полосы после каждого прохода. Максимальные значения коэффициентов высотной деформации при прокатке широких и средних полос достигают 2—2,5, а при прокатке узких полос 3 и более. Минимальные значения этих коэффициентов 1,15—1,20. Применение меньших обжатий в чистовом калибре сортовых станов нередко приводит к скручиванию полосы. С увеличением обжатия это явление устраняется. Коэффициент высокой деформации в ребровых калибрах чаще всего колеблется в пределах 1,05—1,20.

Калибровка валков современного непрерывного проволочного стана 250

Кафедра обработки металлов давлением Магнитогорского горно-металлургического института спроектировала калибровку валков для прокатки катанки диаметром 5, 6, 7, 8 и 9 мм на непрерывном проволочном стане 250. Кроме катанки, на таком стане можно прокатывать круг диаметром до 30 мм, уголок № 2—4 и полосу 12—70 × 2—20 мм. Годовая производительность стана составляет 300000 т. Стан предназначен для прокатки углеродистых конструкционных сталей широкого сортамента. Предусматривается полная механизация и автоматизация стана. В состав оборудования стана входят вертикальная клеть на подшипниках жидкостного трения; бунтовязальная машина; полосовая моталка, летучие ножницы; роликовый втаскиватель. Вес бунта 600 кг, диаметр 950/1400 мм, скорость намотки до 18 м/сек. Характеристика рабочих клетей стана дана в табл. 15.

При расчете калибровки в качестве исходной принята квадратная заготовка сечением 80 × 80 мм, длиной 12 м и весом 0,6 т. Для расчета калибровки при прокатке круга диаметром 5 мм принят средний коэффициент вытяжки

$$\mu_{cp} = \sqrt[n]{\mu_{06}} = \sqrt[23]{\frac{6400 \cdot 4}{88,2}} = \sqrt[23]{\frac{25\,600}{88,2}} = 1,276.$$

В основу калибровки клетей с седьмой по двадцать третью включительно принята схема квадрат — овал — круг, как наилучшая

ТАБЛИЦА 14

Коэффициенты высотной вытяжки										
1	1,00	1,25	1,50	—	—	—	—	—	—	1,87
2	1,00	1,60	1,60	—	—	—	—	—	—	2,08
3	1,00	1,35	1,70	—	—	—	—	—	—	2,30
4	1,00	1,40	1,80	—	—	—	—	—	—	2,52
5	1,00	1,45	1,90	—	—	—	—	—	—	2,76
6	1,00	1,50	2,0	—	—	—	—	—	—	3,00
7	1,00	1,17	1,34	1,50	—	—	—	—	—	2,35
8	1,00	1,20	1,40	1,60	—	—	—	—	—	2,69
9	1,00	1,23	1,46	1,70	—	—	—	—	—	3,05
10	1,00	1,27	1,54	1,80	—	—	—	—	—	3,52
11	1,00	1,30	1,60	1,90	—	—	—	—	—	3,95
12	1,00	1,33	1,67	2,00	—	—	—	—	—	4,44
13	1,000	1,125	1,250	1,375	1,500	—	—	—	—	2,90
14	1,00	1,15	1,30	1,45	1,60	—	—	—	—	3,47
15	1,000	1,175	1,350	1,525	1,700	—	—	—	—	4,11
16	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	—	—	—	—	4,84
17	1,000	1,225	1,450	1,675	1,900	—	—	—	—	5,66
18	1,000	1,25	1,50	1,75	2,00	—	—	—	—	6,66
19	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50	—	—	—	3,6
20	1,00	1,22	1,24	1,36	1,48	1,60	—	—	—	4,47
21	1,00	1,14	1,28	1,42	1,56	1,70	—	—	—	5,60
22	1,00	1,16	1,32	1,48	1,64	1,80	—	—	—	6,69
23	1,00	1,18	1,36	1,54	1,72	1,90	—	—	—	8,07
24	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,0	—	—	—	9,67
25	1,00	1,083	1,166	1,249	1,33	1,415	1,500	—	—	4,46
26	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60	—	—	5,77
27	1,000	1,117	1,234	1,351	1,467	1,585	1,700	—	—	7,36
28	1,000	1,133	1,266	1,399	1,532	1,665	1,800	—	—	9,22
29	1,00	1,15	1,30	1,45	1,60	0,75	1,90	—	—	11,52
30	1,000	1,167	1,334	1,501	1,668	1,835	2,000	—	—	14,28
31	1,00	1,07	1,14	1,21	1,28	1,35	1,42	1,50	—	5,43
32	1,000	1,086	1,172	1,258	1,344	1,430	1,516	1,600	—	7,46
33	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	—	9,8
34	1,000	1,114	1,228	1,342	1,456	1,570	1,684	1,800	—	12,7
35	1,00	1,13	1,26	1,39	1,52	1,65	1,78	1,90	—	16,8
36	1,00	1,14	1,29	1,43	1,57	1,71	1,85	2,00	—	20,9
37	1,000	1,063	1,125	1,188	1,225	1,313	1,375	1,238	1,500	6,91
38	1,000	1,075	1,150	1,225	1,300	1,375	1,450	1,525	1,600	9,56
39	1,000	1,088	1,176	1,264	1,352	1,440	1,528	1,616	1,700	13,23
40	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	17,8
41	1,00	1,11	1,22	1,33	1,44	1,55	1,67	1,79	1,90	22,8
42	1,000	1,125	1,250	1,375	1,500	1,625	1,750	1,875	2,000	30,9

ТАБЛИЦА 15

Группа	Номера клеток	Диаметр рабочего вала ¹ , мм		Длина бочки вала, мм	Диаметр шестеренного вала, мм	Мощность электропривода, кВт	Передачное число редуктора	Межосевое расстояние редуктора, мм	Наибольшее число оборотов в минуту, об/мин	Назначение	Примечание
		нового	переносного								
Черновая	1	370	335	700	350	65	6	800	12	Окалиноломатель	
	2	370	335	700	350	220	6	800	16	—	
	3	370	335	700	350	550	6	900	22	—	
	4	370	335	700	350	550	6	900	31	—	
	5	370	335	700	350	800	4	900	40	—	
	6	370	335	700	350	880	4	900	60	—	
	7	370	335	700	350	880	2,8	900	90	—	
Чистовая	8	320	290	600	300	550	2,8	800	130	—	Характеристика восьми клеток второй чистовой группы та же, что и для клеток первой чистовой группы
	9	320	290	600	300	550	2,0	800	160	—	
	10	320	290	400	300	550	—	—	260	Вертикальная клеть	
	11	320	290	600	300	550	—	—	350	—	
	12	320	290	400	300	550	—	—	460	Вертикальная клеть	
	13	270	245	500	250	450	—	—	710	—	
	14	320	290	400	300	460	—	—	800	Вертикальная клеть	
	15	270	245	500	250	460	—	—	1100	—	

¹ Валки всех рабочих клеток опираются на подшипники жидкостного трения диаметром 250 и 225 мм.

при непрерывной прокатке Для этих клеток принят средний коэффициент вытяжки

$$\mu_{\text{ср}} = \sqrt[17]{\frac{29^2}{88,2}} = \sqrt[17]{\frac{841}{88,2}} = 1,142$$

За основу калибровки клеток с первой по седьмую приняты плоские и ящичные калибры с кантовками в третьей, пятой и седьмой клетях при среднем коэффициенте вытяжки

$$\mu_{\text{ср}} = \sqrt[7]{\frac{80^2}{29^2}} = \sqrt[7]{\frac{6400}{841}} = 1,336.$$

Оригинальным в калибровке стана 250 следует считать присущий ей элемент универсальности: после прокатки круга диаметром 8 мм в двадцать первой клетки этот же чистовой калибр используется как вертикальный промежуточный овал для прокатки круга диаметром 7 мм, для чего производится подъем верхнего вала, после прокатки катанки диаметром 6 мм этот же калибр превращается в вертикальный овал и становится промежуточным при прокатке катанки диаметром 5,3 мм

КАЛИБРОВКА ВАЛКОВ ДЛЯ ПРОКАТКИ ФАСОННЫХ ПРОФИЛЕЙ

Калибровка валков для прокатки угловых профилей

Сортамент и требования, предъявляемые к угловой равнобокой и неравнобокой стали, определены стандартом ГОСТ 8509—57 и ГОСТ 8510—57)

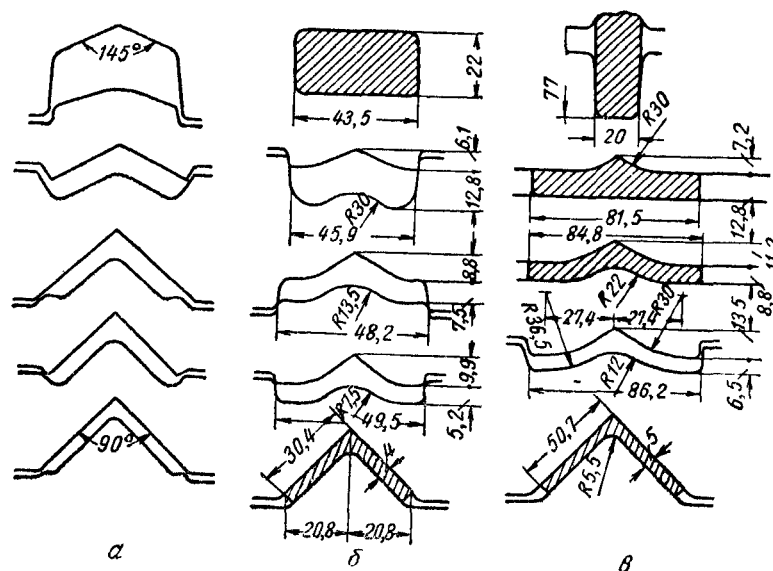


Рис 42 Калибровка валков для прокатки уголков
а — закрытые калибры с прямыми полками б — закрытые калибры с раз-
вернутыми полками в — открытые калибры со свободным уширением

На рис 42 представлены схемы калибровки угловой стали

1 Прокатка квадратной заготовки в закрытых калибрах с прямыми полками (рис 42, а)

2 Прокатка квадратной заготовки в закрытых калибрах с раз-
вернутыми полками (рис 42, б)

3 Прокатка в открытых калибрах со свободным уширением (рис 42, в)

Из трех способов прокатки угловой стали рекомендуется только второй и третий

Первый способ является неспригодным по следующим причинам глубокий врез в валки уменьшает их прочность, что вынуждает вести прокатку с небольшими коэффициентами деформации, значительная разница в катающих диаметрах рабочих валков, что приводит к быстрому износу стенок калибра

Второй способ прокатки угловой стали не имеет перечисленных выше недостатков По этому способу можно вести прокатку более интенсивно

Третий способ прокатки имеет следующие преимущества

1 Значительное увеличение коэффициента деформации за счет меньшего вреза

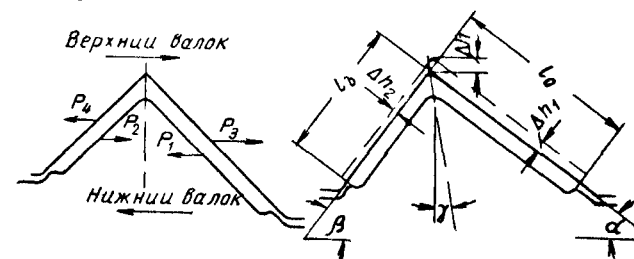


Рис 43 Калибровка чистового калибра для прокатки
неравнобоких уголков

2 Значительное уменьшение числа перевалок валков при переходе с прокатки угловой стали одного размера на прокатку стали другого размера (необходимо заменять только предчистовой калибр)

3 Более простая и дешевая переточка валков

4 Отсутствие опасности образования заусенцев и закатов

Каждый размер угловой стали может иметь полки нескольких размеров по толщине В этом случае расчет калибровки угловой стали производится на средний размер толщины полки

$$h_c = \frac{h_1 + h_2 + \dots + h_n}{n} \quad (58)$$

Калибровка чистового калибра, рассчитанная на среднюю толщину уголка, может привести к получению второго сорта и брака по ширине полок Для уменьшения потерь при прокатке уголков различных размеров по толщине на каждые один два (иногда три) размера по толщине устраивают отдельные предчистовые, а иногда еще и черновые калибры (рис 42) При прокатке со свободным уширением предчистовые (закрытые) калибры для уголков, резко отличающихся по толщине, также должны быть различными Все остальные калибры могут быть общими

При калибровке чистового калибра неравнобокой угловой стали различают два способа расположения калибров (рис 43)

По первому способу биссектриса угла профиля располагается вертикально, а по второму наклонно, причем проекции обеих полок на вертикальную ось равны между собою. Применяя первый способ, можно получать различную толщину стенок угловой стали из-за того, что верхний валок стремится сместиться вправо, а нижний — влево, что объясняется неравенством равнодействующих сил ($P_1 > P_2$ и $P_3 > P_4$). При этом способе врез ручья получается большим, что ослабляет валки.

При калибровке по второму способу нет перечисленных выше недостатков. Однако в этом случае при изменении зазора между валками получаются неодинаковые изменения толщины левой Δh_2 и правой Δh_1 полок. При прокатке угловой стали одного размера до полного износа ручья этот недостаток не имеет значения.

Необходимые для расчета углы находятся из следующих соотношений (рис. 43, б):

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{l_b}{l_a}; \quad \beta = 90 - \alpha; \quad \gamma = \frac{\beta - \alpha}{2}.$$

Биссектриса угла имеет аналогичный наклон и у всех черновых калибров.

ТАБЛИЦА 16

Диаметр валков мм	Номер уголка	Количество профильных проходов квадратной заготовки
250 300	2—5 2—7,5	4—5
350 500	6—9 8—14	7—9
750—800	12—20	11 (и более)

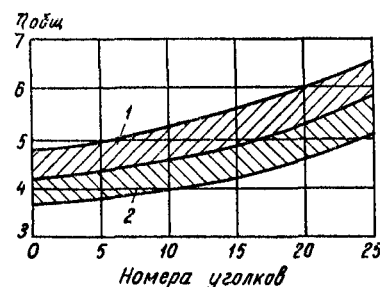


Рис. 44. Зависимость необходимого общего коэффициента деформации (в уголкового калибрах) от номера профиля при прокатке.

1 — из спокойной стали;
2 — из кипящей стали

Порядок расчета калибровки угловой стали. Вначале, по данным табл. 16, определяется диаметр валков. По диаграмме (рис. 44) находится общий коэффициент $\eta_{об}$ в уголкового калибрах, а затем толщина заготовки, задаваемой в первый профильный калибр ($H = \eta_{об} \cdot h_{ср}$), где $h_{ср}$ — средняя толщина чистового углового профи-

ля. Расчет калибровки производится против хода прокатки. Общий коэффициент деформации распределяют по проходам, приняв за основу выработанные практикой коэффициенты деформации для каждой группы калибров.

В чистовых калибрах	
для крупных уголков	1,07—1,12
для средних и мелких уголков	1,1—1,20
В черновых калибрах	
для крупных уголков	1,6—1,8
для средних и мелких уголков	1,8—2,2

Число проходов в профильных калибрах ориентировочно можно принимать по данным табл. 16. Все остальные расчеты производятся по методу М. М. Штернова¹.

Калибровка фланцевых профилей

Особенности прокатки и калибровки фланцевых профилей. Профили, ограниченные по краям полками (фланцами), расположенными под некоторым углом (чаще всего — 90°) к соединяющей их части стенки (шейке), называются фланцевыми профилями. К таким профилям относятся балки, швеллеры, тавровая сталь, рельсы и некоторые другие. Прокатка и калибровка фланцевых профилей отличается от прокатки простейших профилей (круга, квадрата) некоторыми особенностями.

Первой особенностью является то, что фланцевые профили нельзя получить из прямоугольной заготовки, применяя равномерное обжатие в калибрах. Правильная калибровка должна предусматривать неравномерные обжатия в первых проходах, когда металл плоский имеет максимальную пластичность и незначительное сопротивление деформированию. В последних же калибрах необходимо стремиться к получению равномерных обжатий и вытяжки у всех частей профиля, так как только при этом условии можно получить правильный профиль, не имеющий значительных внутренних напряжений.

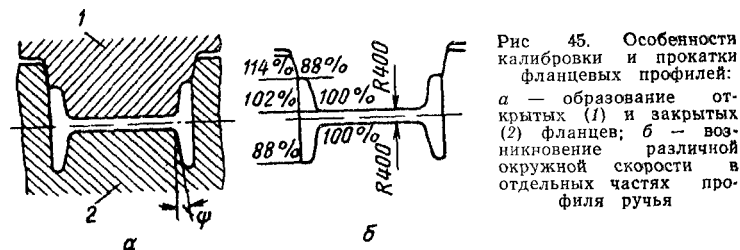
Второй особенностью прокатки фланцевых профилей является наличие боковых обжатий в отдельных частях калибра. Боковое обжатие фланцев тем больше, чем больше угол наклона ψ боковых граней (рис. 45). Поэтому основной системы калибровки фланцевых профилей является последовательное увеличение угла плоскостей, образующих фланец, по мере удаления от готового (конечного) профиля. Часть калибра фланца, образованная наклонными стенками ручьев двух валков, называется открытым фланцем (1). Закрытые фланцы (2) калибра врезаны в один валок (рис. 45, а).

Третьей особенностью является обжатие стенки и полок при различной окружной скорости в отдельных частях профиля ручья (рис. 45, б).

Четвертой особенностью является то, что захват валками полок происходит раньше, чем стенки профиля. Пятой особенностью является прокатка фланцевых профилей с весьма значительным перемещением частиц металла внутри профиля. Эти перемещения связаны с преодолением дополнительных сил трения между металлом и по-

¹ М. М. Штернов Калибровка угловой стали. Металлургиздат, 1961.

верхностью ручьев. В результате увеличивается общее давление (по сравнению с давлением при прокатке простых профилей) и повышается расход энергии на деформацию. В связи с понижением темпе-



ратуры металла при последних проходах в последних калибрах принимаются уменьшенные коэффициенты вытяжки.

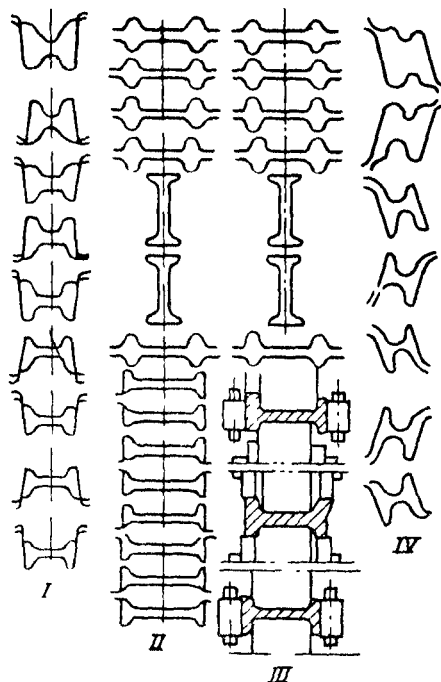


Рис. 46. Типовые схемы прокатки балок

Калибровка валков для прокатки двутавровых балок. Типовые схемы прокатки балок приведены на рис. 46. Прокатка балок по схеме I производится в калибрах закрытого типа: первый из калибров

по ходу прокатки называют разрезным. В качестве разрезного применяют также и открытый балочный калибр. В прямых калибрах прокатка балок возможна только при значительном уклоне внутренних граней полок. Обычно схема I употребляется для прокатки балок № 10—30.

По схеме II производится прокатка только средних и крупных балок № 30—60, где профилировка заготовки производится в открытых балочных калибрах, которые вытягиваются на валках блюминга и валках обжимной дуо-реверсивной клетки рельсобалочного стана.

По схеме III прокатываются широкополочные балки, в том числе и балки с параллельными полками (ГОСТ 6183—62).

Для прокатки балок по схеме IV используется так называемая косая калибровка (валки с косорасположенными калибрами), позволяющая прокатывать балки с параллельными полками и малым уклоном граней полок. Прокатка по IV схеме производится с большими обжатиями и меньшим числом проходов, чем в обычных условиях. Общим недостатком косой калибровки является более глубокий врез в валки, наличие значительных осевых усилий, затрудняющих прокатку, и тенденция к искривлению и скручиванию выходящей полосы. Возникновение осевых усилий требует наличия в валках рабочих конусов, препятствующих сдвигу, и вызывает настолько значительные неудобства в работе, что этот способ при прокатке обычных балок не применяется.

Выбор диаметра валков и числа проходов при прокатке двутавровых балок производится по следующим практическим данным:

Номер профиля	10—12	12—18	18—27	24—60
Число проходов в фасонных калибрах	6—8	8—10	8—13	10—15
Диаметр валков, мм	350—500	400—650	500—950	600—950

Сечение исходной заготовки ориентировочно определяют из равенств:

$$B = b - \Sigma \Delta b, H \approx 2h, \quad (59)$$

где B и H — размеры сторон прямоугольной заготовки, мм;
 b и h — ширина и высота чистового калибра (по полкам), мм;
 $\Sigma \Delta b$ — суммарное уширение за весь процесс прокатки, мм.

Чистовой калибр определяет размеры профиля в горячем состоянии и размеры $h_0, h_3, a_0, a_3, b_0, b_3$ (табл. 17)

$$\left. \begin{aligned} h_0 &= h_3 = \frac{H - d}{2}; \\ b_0 &= b_3 = m + \frac{h}{2} \operatorname{tg} \alpha; \\ a_0 &= a_3 = m - \frac{h}{2} \operatorname{tg} \alpha; \end{aligned} \right\} \quad (60)$$

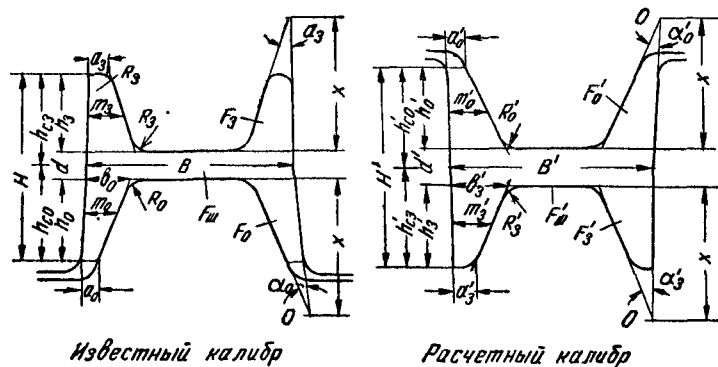
ширина калибра

$$B = B_r - 0,9\delta, \quad (61)$$

где δ — допуск по ширине (на минус); выпуск калибра принимают в пределах 0,5—1,0%.

Размеры черновых калибров определяются по формулам, приведенным в табл. 17.

ТАБЛИЦА 17



Основные расчетные величины для определения размеров калибров при прокатке двутавровых балок (по данным Б. П. Бахтинова)

Расчетные величины	Описание, формулы и обозначения
Коэффициент деформации	Назначается в соответствии с общими положениями, причем для шейки ($k_{ш}$) и фланцев (k_0 и k_3) одинаковые ($k_{ш} = k_0 = k_3$). Коэффициенты деформации фланцев разделяются на коэффициент обжатия высоты (η) и коэффициент обжатия толщины (λ): $k_0 = \eta_0 \lambda_0$; $k_3 = \eta_3 \cdot \lambda_3$
Уширение в известном калибре	$\Delta b = 0,01B + (n-1)$, где n — номер калибра по ходу расчета
Ширина шейки	$B' = B - \Delta b$
Толщина шейки	$d' = d \cdot k$
Общая высота профиля	$H' = h'_0 + h'_3 + d'$ Определяется в конце расчета
Высота открытого фланца	$h'_0 = \frac{D_{ш} \cdot h_3}{D_{ш} - h_3}$, где $D_{ш}$ — диаметр по шейке в известном калибре
Коэффициент обжатия высоты в закрытом фланце известного калибра	$\eta_3 = \frac{h_0 + \frac{d'}{2}}{h_3 + \frac{d}{2}} = \frac{h'_{C0}}{h'_{C3}}$

Продолжение табл. 17

Расчетные величины	Описание, формулы и обозначения
Коэффициент обжатия толщины в закрытом фланце известного калибра	$\lambda_3 = \frac{k}{\eta_3}$
Уклон внутренней грани фланца	Не рассчитывается
Толщина фланца у основания	$b'_0 = b_3 \cdot \lambda_3$
Толщина фланца на конце	$a'_0 = \frac{1}{2} \left[\lambda_0 (b_0 a_0) \frac{h'_3}{h'_0} - \lambda_3 (b_3 - a_3) \right]$ Определяется после расчета в пунктах 13 и 16
Площадь фланца	$F'_0 = \frac{a'_0 + b'_0}{2} \cdot h'_0$
Высота закрытого фланца	$h'_3 = \frac{D_{ш} \cdot h_0}{D_{ш} + d}$
Коэффициент обжатия высоты в открытом фланце известного калибра	$\eta_0 = \frac{h'_{C3}}{h'_{C0}} = \frac{h_3 + \frac{d'}{2}}{h_0 + \frac{d}{2}}$
Коэффициент обжатия толщины в открытом фланце известного калибра	$\eta_0 = \frac{k}{\eta_C}$
Площадь фланца	$F'_3 = \frac{a'_3 + b'_3}{2} \cdot h'_3$ Определяется в конце расчета

Продолжение табл. 17

Расчетные величины	Описание, формулы и обозначения
Средняя толщина фланца	Не рассчитывается
Уклон внутренних граней фланца	Не рассчитывается
Толщина фланца у основания	$b'_3 = b_0 \lambda_0$
Толщина фланца на конце	$a'_3 = \frac{1}{2} \left[\lambda_3 (b_3 + a_3) \times \right. \\ \left. \times \frac{h'_0}{h'_3} - \lambda_0 (b_0 - a_0) \right]$
Радиусы закруглений между шейкой и фланцами	$R'_0 = Cb'_1; R'_3 = Cb'_3,$ где C — отношение $\frac{R}{b}$ готового профиля
Радиусы закруглений на концах закрытых фланцев	$r'_3 = Ca'_3,$ где C — отношение $\frac{r}{a}$ готового профиля

Разрезной калибр. Ширина заготовки, задаваемой в разрезной калибр:

$$B_0 = B_p - (0,5 - 1,0), \quad (62)$$

высота заготовки

$$H_0 = \frac{2}{3} \frac{F_{p.k}}{B_{cp}} + H_p, \quad (63)$$

где $F_{p.k}$ — площадь разрезных клиньев, мм;

B_{cp} — средняя ширина разрезного калибра, мм;

H_p — высота разрезного калибра, мм.

На рис. 47 показана калибровка валков для прокатки двутавровой балки № 16.

Примерные значения вытяжек, используемых при прокатке двутавровых балок, приведены в табл. 18 (по данным Б. П. Бахтинова).

ТАБЛИЦА 18

Размер балки	Распределение коэффициентов обжатий по номерам калибров									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№ 16	Разрывающий	1,60	1,50	1,40	1,33	1,25	1,18	1,10	—	—
№ 33	То же	1,35	1,38	1,38	1,38	1,26	1,26	1,20	1,14	1,08

Калибровка валков для прокатки швеллеров. Существующий ГОСТ 8240—56 предусматривает производство швеллеров от № 5 до № 40. В отличие от калибровок валков для прокатки балок, когда имеется последовательное чередование открытых и закрытых полок (фланцев), при калибровке валков для прокатки швеллеров несколько открытых калибров могут применяться подряд; возможно также применение других весьма разнообразных промежуточных калибров. Основными способами калибровки являются: калибровка по балочному методу, калибровка с увеличенными выпусками, калибровка по методу сгибания (рис. 48).

Балочный метод предусматривает использование первых калибров, общих для швеллеров и балок с уклоном стенок в 3%.

Калибровка с увеличенным выпуском (10—15%) позволяет уменьшать износ валков и вести прокатку во всех черновых калибрах с более значительными обжатиями, что сокращает число проходов при прокатке.

Калибровка по методу сгибания позволяет интенсифицировать процесс деформации металла; сократить количество фасонных калибров; устранить образование складок у основания полок; восстанавливать размеры калибров в процессе ремонтных переточек валков, уменьшать износ калибров за счет уменьшения разности окружных скоростей в различных точках калибра, создавать более равномерный режим деформации различных элементов профиля.

К недостаткам этого метода относятся затруднительные условия проникновения профиля в калибр; значительное увеличение ширины черновых калибров; неустойчивая работа стана, вызываемая колебаниями размеров фланцев профиля.

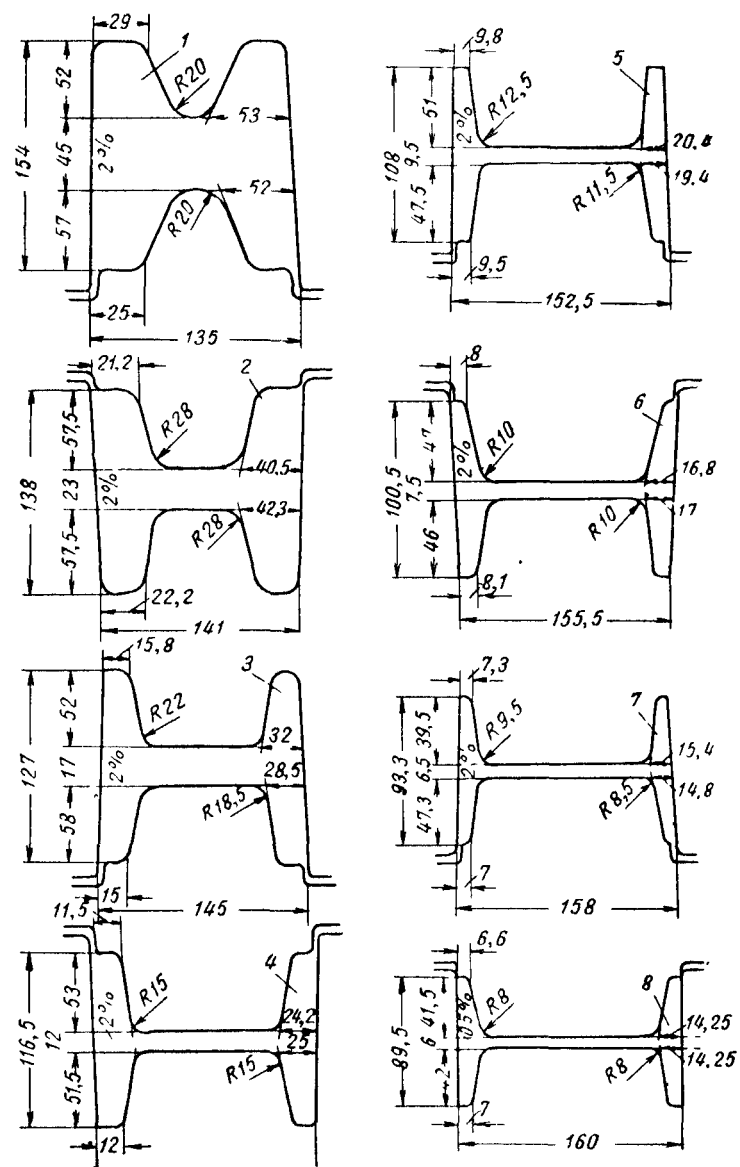


Рис. 47. Калибровка валков для прокатки двутавровой балки № 16:
1—8 — пропуски

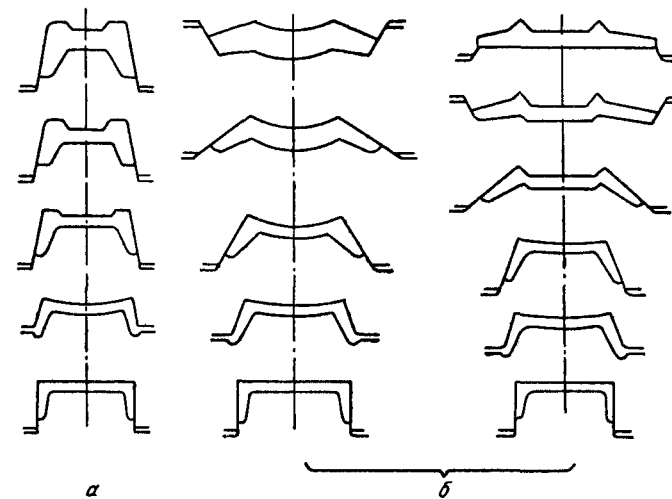


Рис. 48. Схемы калибровки швеллера
а — с увеличенным выпуском, б — по методу сгибания

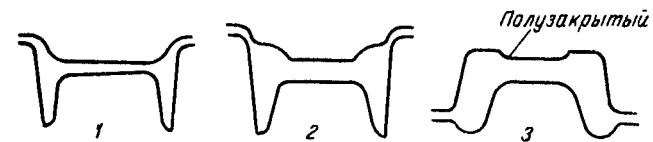


Рис. 49 Типы контрольных калибров

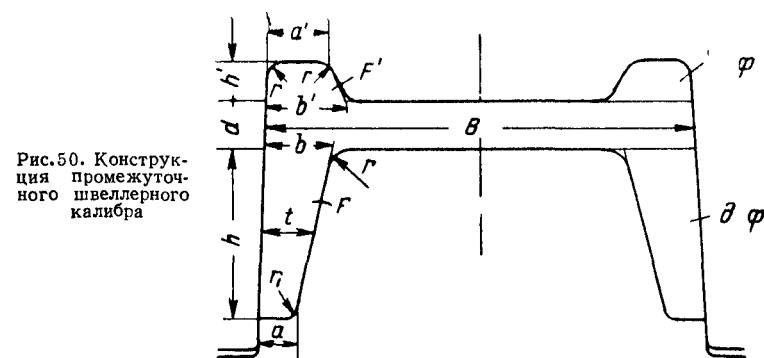


Рис. 50. Конструкция промежуточного швеллерного калибра

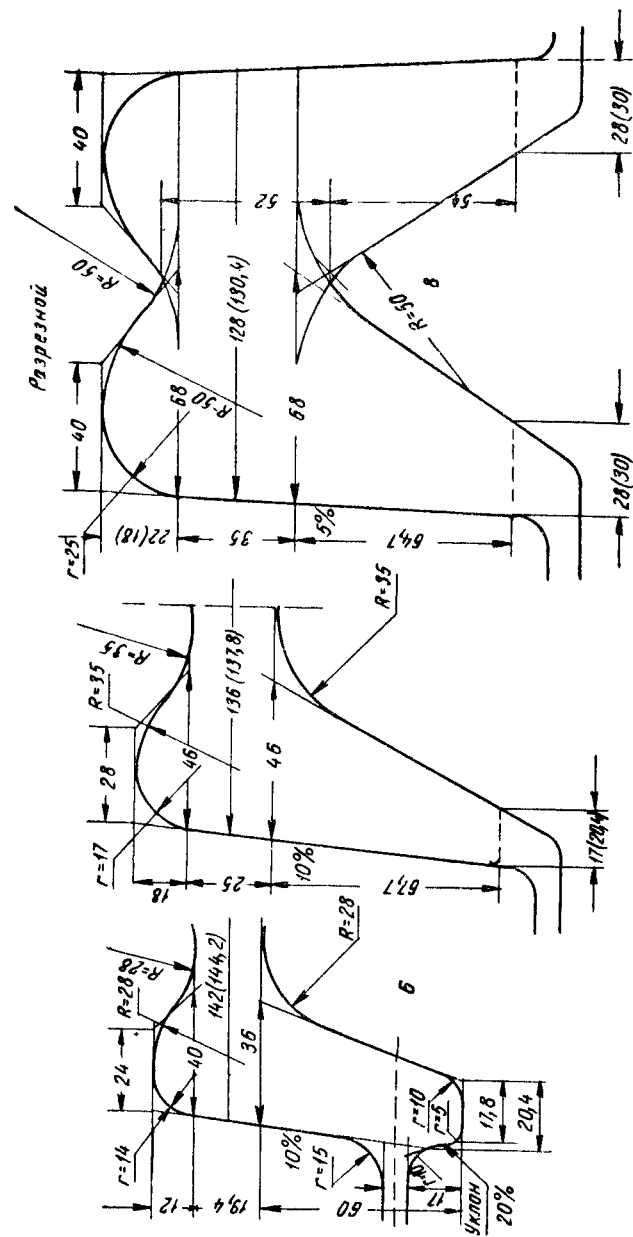
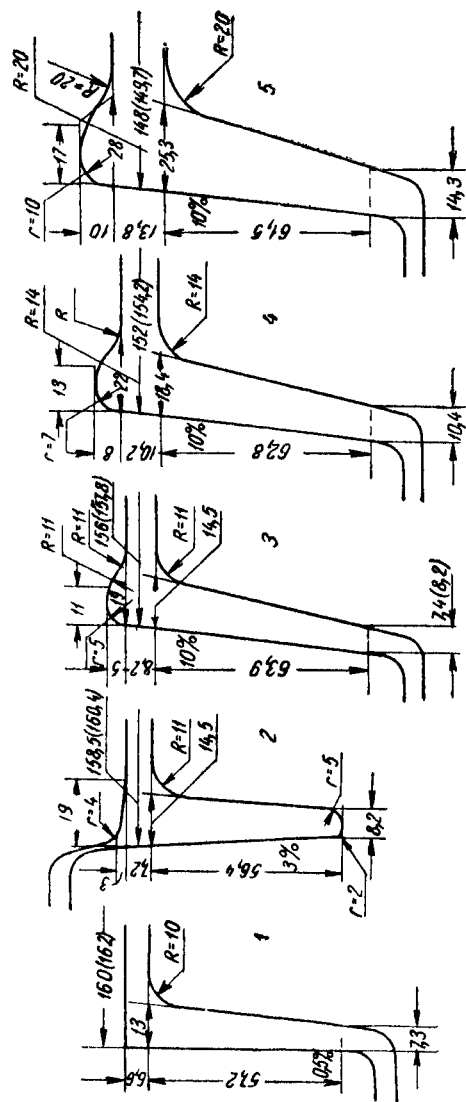
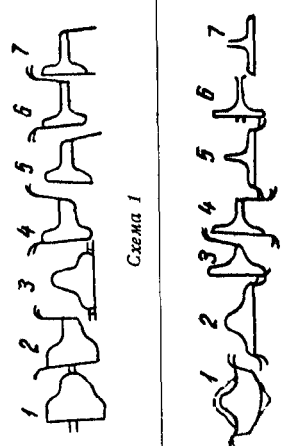
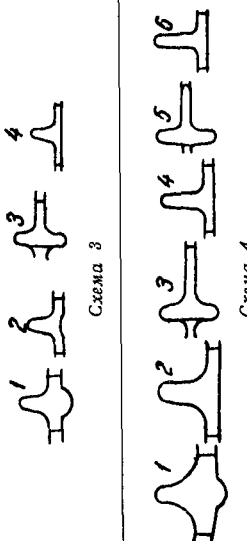


Рис. 51 Конструкция и размеры калибров для прокатки швеллера № 16 на стане 500

ТАБЛИЦА 19

Форма калибров и схемы прокатки	Применение и особенности калибровки
 <p style="text-align: center;">Схема 1</p> <p style="text-align: center;">Схема 2</p>	<p>Прокалка заготовок тавровой стали крупных и средних размеров в закрытых двух калибрах (схема 1) приводит к «серпентин» полос. По мере износа конусов размеры профиля существенно искажаются. В закрытых частях калибров, как правило, осуществляется обжатие только по высоте фланцев. Увеличение числа ребровых калибров (схема 2) позволяет получить профиль с более тонкими полками. Первоначальное оформление профиля по схеме 2 производится в «колокольном» калибре</p>
 <p style="text-align: center;">Схема 3</p> <p style="text-align: center;">Схема 4</p>	<p>Прокалка заготовок тавровой стали мелких (схема 3) и средних (схема 4) в открытых калибрах со свободным уширением. Осевые усилия отсутствуют. Валки не имеют высоких буртов. Существенно упрощается настройка стана. С увеличением размеров профиля число фасонных калибров увеличивается (схема 4)</p>

Для регулирования и контроля **высоты фланцев** проектируют так называемые контрольные калибры (рис. 49). Первым контрольным калибром делается предчистовой или следующий за ним калибр, чистовой калибр остается открытым. Второй контрольный — делается первым или вторым (по ходу прокатки) после разрезного.

При составлении калибровки валков для прокатки швеллера основные размеры ложных фланцев (рис 50) рассчитываются по эмпирическим формулам

$$\left. \begin{aligned} b'_{л.ф} &= (1 - 1,3) b; \\ a'_{л.ф} &= (0,6 - 0,65) b_{л.ф}; \\ h'_{л.ф} &= (0,03 - 0,05) (n - 1) \cdot h, \end{aligned} \right\} \quad (64)$$

где n — порядковый номер калибра по ходу калибровки;
 $b_{л.ф}$, $a_{л.ф}$, $h_{л.ф}$ — соответственно толщина у основания, на конце фланца и высота ложного фланца. Ложные фланцы необходимы для лучшего выполнения углов профиля и предохранения их от охлаждения, а также для уменьшения остаточных напряжений в готовом швеллере. Для определения размеров действительных фланцев при калибровке по балочному методу и с увеличенным выпуском могут быть использованы данные, приведенные в табл. 17. На рис. 51 показаны конструкция и размеры калибров для прокатки швеллера № 16 на стане 500 (по данным Б. П. Бахтинова).

Калибровка валков для прокатки тавровой стали. Общие принципы калибровки валков для прокатки тавровой стали те же, что и при прокатке балок и швеллеров. Типовые схемы калибровки и их характеристика даны в табл. 19.

Калибровка валков для прокатки рельсов

Калибровку рельсов производят главным образом на основании практических данных. Назначение первых проходов — создание подошвы необходимой ширины и регулирование высоты рельса. Дальнейшее получение профиля обеспечивается прокаткой полосы в калибрах с косым или прямым их расположением. Косая калибровка благодаря энергичной обработке подошвы рельса обеспечивает надлежащую структуру и высокие механические свойства металла. На рис. 53 показаны типовые схемы прокатки рельсов.

Изучение опыта различных заводов показывает, что наиболее целесообразно считать калибровку железнодорожных рельсов по схемам 7 и 8. Современные схемы калибровки рельсов Р-50 показаны на рис. 53, из них наибольший интерес представляет схема Нижне-Тагильского комбината, в которой применяются три тавровых и пять фасонных калибров. Ось чистового калибра наклонена относительно оси валков на 12° . По этой схеме обеспечивается интенсивная проработка металла в тавровых калибрах, брак по трещинам и волосовинам сокращается в несколько раз и составляет около 0,5%.

Сечение исходной заготовки при прокатке рельсов определяют из следующих равенств

$$\left. \begin{aligned} B &= b - \Sigma \Delta b, \\ H &= 1,6 \cdot h, \end{aligned} \right\} \quad (65)$$

где B и H — размеры исходной прямоугольной заготовки, мм,
 b — ширина чистового калибра (высота горячего рельса), мм,
 h — ширина подошвы холодного рельса, мм,
 $\Sigma \Delta b$ — суммарное уширение за весь процесс прокатки, мм.
 Средний коэффициент вытяжки $\mu_{ср}$ принимают при расчетах, равным 1,20—1,22, а коэффициент вытяжки μ в чистовом калибре, равным 1,07—1,09

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ КАЛИБРОВКИ ВАЛКОВ

Монтаж калибров на валках

Для каждого прокатного стана устанавливаются определенные виды профилей, их размеры, а также марки стали, из которой производится прокат, или как это принято называть, прокатному стану задается определенный сортament

Для выполнения заданного сортамента на бочках валков нарезаются калибры с таким расчетом 1) при переходе с одного профиля на другой должно быть минимальное количество перевалок валков, 2) при передаче раската из одной клетки в другую (на линейных станах) должно быть затрачено минимальное количество рабочего времени, 3) должно быть обеспечено удобство установки арматуры и ее обслуживания

В каждом отдельном случае прокатный цех производит монтаж калибров или распределяет их по клетям в зависимости от местных условий и программы проката

За основу монтажа калибров принимается схема прокатки. Для близких размеров сечений при прокатке могут быть использованы общие калибры. Например, при прокатке круглого профиля диаметром от 8 до 23 мм в схеме имеется общий овал 15×45 мм (по данным калибровки завода «Электросталь»). Этот же овал используется и при прокатке квадратного профиля стороной от 8 до 17 мм

Кроме того, при прокатке круглой стали в отдельных случаях используют универсальные овалы с такими размерами, которые позволяют прокатывать овал для нескольких размеров круга. Например, при размере овала 30×52 мм можно прокатывать круги диаметром 33,4, 36,4 мм, изменяя только высоту овала при переходе с одного диаметра круга на другой (по данным Б. П. Бахтинова и М. М. Штернова)

Работа по составлению монтажных чертежей калибров на валках сводится к следующему

- 1 Изучают сортамент стана и специфические условия его работы
- 2 Составляют схему прокатки для каждого профиля
- 3 Определяют профиль и размер, общий для всех размеров профилей стана
- 4 Устанавливают число калибров каждого профиля в зависимости от количества заказов на каждый отдельный профиль
- 5 На линейных станах валки укладывают в клетки в соответствии со схемой прокатки
- 6 При петлевой прокатке с обводными аппаратами расположение квадратного предыдущего калибра и последующего овального должно соответствовать конструкции использования обводных аппаратов.

7. Распределение калибров по клетям можно считать правильным в том случае, если клеть при прокатке любого размера данного профиля не будет узким местом при прокатке.

Основные сведения по нарезке калибров на валках

Нарезка ручьев на бочке валков производится на вальцетокарных, а шлифовка на шлифовальных станках.

Для обработки прокатных валков применяются следующие основные виды резцов: 1) проходные; 2) галтельные и конусные; 3) фасонные; 4) резцы-пробки. Обычно резцы изготавливают из быстрорежущей или высокоуглеродистой стали. Резцы изготавливают также с напаянными пластинками из твердых сплавов (Т15К6, ВК8, Т5К10, Т30К4).

Валки с калиброванными ручьями обрабатываются как целыми, тек и составными фасонными резцами.

Для расточки круглых и овальных калибров применяются резцы-пробки, изготавливаемые в виде цилиндров высотой 40—50 мм и диаметром, соответствующим номинальному диаметру прокатываемого профиля с учетом теплового расширения металла во время прокатки.

При обработке прокатных валков требуется выдержать форму, расположение и размеры ручьев, буртов и других элементов вала в соответствии с разработанной калибровкой.

Для уменьшения расхода валков на одну тонну годного не рекомендуется конструировать ручки и бурты валков с прямоугольным очертанием боковых стенок. Рекомендуется боковые стенки ручья делать с некоторым уклоном.

В чистовых отделочных калибрах величина выпуска не превышает 1%; в черновых и предотделочных фасонных калибрах и буртах от 2 до 15% и редко 20%.

Опытом работы завода «Электросталь» доказана целесообразность перед обточкой стальных валков подвергать их ультразвуковому контролю для выявления внутренних дефектов в теле вала (трещины, волосовины, расслоения). Если до введения ультразвукового контроля на заводе «Электросталь» количество поломок стальных валков на стане 600 мм достигало 10 шт. в год, то с введением ультразвукового контроля число поломок валков по причине внутренних трещин сведено до нуля, что способствует резкому снижению простоев стана, а следовательно, повышению его производительности.

Особенности калибровки валков для прокатки труднодеформируемых сталей и сплавов

Специфические особенности легированных и высоколегированных сталей и сплавов вносят некоторые изменения в расчеты калибровок валков. Повышенный предел прочности при высоких температурах сталей и сплавов отдельных марок требует при расчете калибровок учитывать уменьшенные коэффициенты вытяжки, определяемые по формуле А. А. Протасова:

$$\mu'_t = 1 + (\mu_t - 1) \frac{\sigma_t}{\sigma'_t}, \quad (66)$$

где μ_t — коэффициент вытяжки для сталей обычных марок;
 σ_t — предел прочности сталей обычных марок при температуре t ;
 σ'_t — предел прочности сталей специальных марок, для которых определяется коэффициент вытяжки.

Например, если для мягкой стали коэффициент вытяжки μ_t при 900° С принят равным 1,20, то для стали X18H25C2 μ'_t следует принимать при всех прочих равных условиях деформации равным 1,093 (по формуле 66):

$$\mu'_t = 1 + (\mu_t - 1) \frac{\sigma_t}{\sigma'_t} = 1 + (1,20 - 1) \frac{4,5}{9,7} = 1,093,$$

где для стали марки 15 $\sigma_t = 4,5 \text{ кг/мм}^2$ при $t = 900^\circ \text{С}$; для стали X18H25C2 $\sigma'_t = 9,7 \text{ кг/мм}^2$ при $t = 900^\circ \text{С}$.

При определении уширения специальных сталей пользуются формулами С. И. Губкина (18) и Б. П. Бахтинова (19) и после этого результаты расчета корректируют по формуле (20) Ю. М. Чижилова.

При прокатке сталей некоторых марок (например, быстрорежущая сталь) образуются так называемые внутренние разрывы, что особенно характерно для прокатки слитков в валках, калиброванных по системе круг—круг. Поэтому во избежание этого вида брака слитки целесообразно деформировать по системе ящик—круг или ящик—ромб, что подтверждается опытом Златоустовского металлургического завода и завода «Электросталь».

В случае прокатки сталей и сплавов с узким интервалом пластичности прибегают к промежуточному подогреву в специально установленной для этой цели подогревательной печи. Промежуточный подогрев практикуется как при прокатке крупного сорта из слитков, так и мелкого из заготовок. Промежуточный подогрев с одной стороны обеспечивает получение сорта без поверхностных рванин и с другой — получение требуемого размера зерна, что особенно важно при прокатке жаропрочных сплавов.

В отдельных случаях для получения сорта без поверхностных рванин прибегают к прекращению процесса прокатки на более крупных промежуточных размерах с целью удаления поверхностных дефектов на абразивных, строгальных или токарных станках. После удаления поверхностных дефектов промежуточная заготовка прокатывается до требуемого размера. Такой метод прокатки называется прокаткой с промежуточной чисткой и считается достаточно эффективным при обработке малопластичных сплавов.

Главной особенностью калибровки валков для прокатки высоколегированных сталей и сплавов считается использование такой конструкции калибров, которая могла бы обеспечить прокатку с меньшей степенью неравномерной деформации металла по ширине калибра при увеличенных радиусах закруглений в различных местах профиля.

При прокатке из малопластичных сплавов круглого профиля средних и крупных размеров наиболее оправдавшей себя на практике считается схема круг—овал или овал—овал.

Учитывая, что с увеличением скорости прокатки затрудняются условия захвата, прокатка специальных сталей с высоким сопротив-

лением деформации производится при меньшем числе оборотов валков, поэтому на таких станах устанавливаются электродвигатели с регулируемым числом оборотов.

Допуски при прокатке

Величина допуска на размер зависит от конструкции стана, конфигурации профиля, степени равномерности нагрева металла, его сопротивления деформации, длины прокатываемой полосы и конца температуры прокатки.

При петлевой прокатке или прокатке на непрерывных станах температура конца прокатки металла выше, чем на линейных обычных станах. Следовательно, в первом случае упругая деформация валков, станин и подшипников меньше, чем во втором, поэтому годный прокат в первом случае выпускается со значительно меньшими плюсовыми отклонениями от номинального размера, чем во втором.

Необходимо особое внимание обращать на повышение точности прокатки и сужение интервала допусков для мелкосортного проката.

Прокат небольших размеров остывает быстрее, чем крупный. Поэтому сопротивление деформации увеличивается и соответственно увеличиваются упругие деформации деталей стана. Стандарты предусматривают относительно большие отклонения от номинальных размеров для профилей небольших размеров по сравнению с крупными.

Например, при прокатке круглой стали диаметром 5 мм по ГОСТ 2590—57 допускается отклонение по диаметру при обычной точности прокатки $\pm 0,3$ мм, или 6% от номинального размера, в то время, как при прокатке круглой стали диаметром 210 мм допустимое отклонение $\pm 1,2$ мм или 0,57%, т. е. меньше, чем в первом случае в 9,5 раза.

В целях экономии проката большинство стандартов предусматривает отклонения от номинальных размеров на «минус» больше, чем на «плюс».

Для достижения положительных результатов в борьбе за экономию металла необходимо обращать серьезное внимание на определение размеров чистовых калибров для получения требуемого годного профиля. Порядок определения чистового калибра следующий:

1. Вначале определяют «горячие» размеры профиля (путем умножения «холодных» его размеров на 1,011—1,015 в зависимости от температуры конца прокатки).

2. Из полученных размеров вычитают величину плюсового допуска, оставив некоторый запас на настройку.

3. Полученные размеры корректируются (в случаях необходимости) таким образом, чтобы учесть возможную неравномерную усадку профиля, неравномерный износ калибра и т. п. Например, определим размер чистового калибра для прокатки круга диаметром 10 мм.

По ГОСТ 2590—57 допуск на круг диаметром 10 мм находится в пределах: $\pm 0,3$ и $\pm 0,5$ мм. Температура конца прокатки $= 900^\circ \text{C}$.

Решение: 1) Определим диаметр круга в горячем состоянии

$$d_k = d_x (1 + \alpha t) = 10 (1 + 0,000012 \cdot 900) = 10 \cdot 1,011 = 10,11 \text{ мм.}$$

2) Вычитаем часть плюсового допуска — 50% его величины, что составляет

$$0,5 \cdot 0,3 = 0,15 \text{ мм.}$$

Принимаемый для расточки валков диаметр калибра

$$10,11 - 0,15 = 9,96 \text{ мм (10 мм).}$$

Обычно калибры для круглого профиля мелких и средних размеров растачиваются с помощью пробки, имеющей диаметр, равный холодному размеру чистового сорта прокатанных изделий.

ОСНОВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ СОРТОПРОКАТНЫХ СТАНОВ

Устройство рабочих клеток

Рабочая клетка — основная часть прокатного стана, она состоит из следующих основных частей:

1. Две станины; внизу станин имеются лапы, которые крепятся с помощью болтов к плитовинам. Станины соединяются между собой сверху стальными траверсами (для станов с диаметром валков

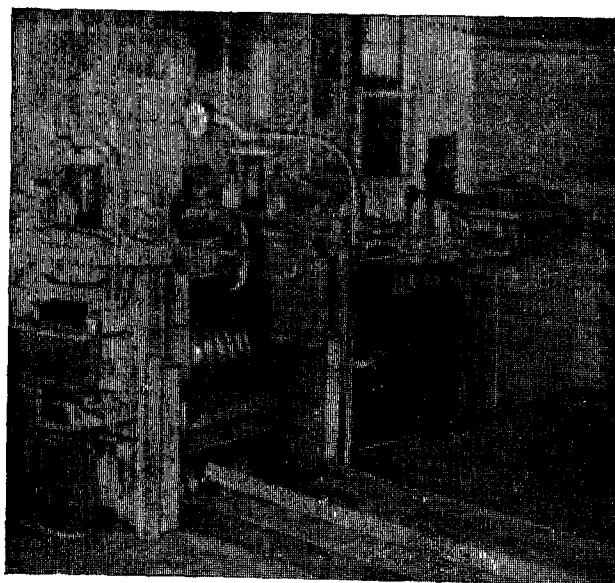


Рис 54 Общий вид рабочей клетки 450

более 700 мм) или с помощью стяжных болтов и труб (для станов с диаметром валков менее 700 мм).

2. Плитовины, устанавливаемые на фундаменте и укрепленные на нем анкерными болтами.

3. Валки.

4. Подушечки и подшипники
 5. Механизм для установки валков, состоящий из нажимного винта, нажимной гайки или клинового устройства
 6. Устройство для уравнивания верхнего валка.
 7. Устройство для смены валков (на больших станах).
 8. Валковая арматура (проводки, направляющие линейки и т. д.)
- Общий вид рабочей клетки 450 мм представлен на рис. 54.

Станины рабочей клетки

Станины изготавливаются двух типов: а) закрытые в виде сплошной жесткой рамы (рис 55, а); б) открытые со съемной крышкой (рис. 55, б). Станины закрытого типа, применяемые в блю-

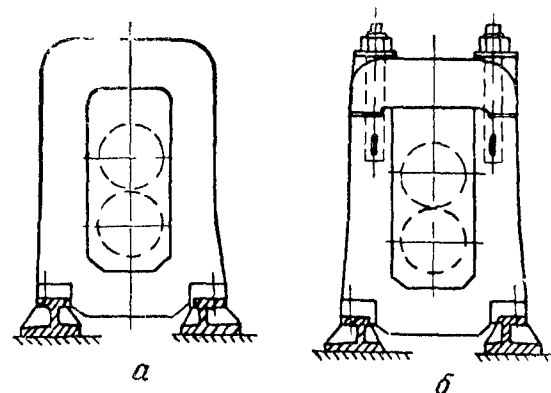


Рис. 55. Станины рабочей клетки:
а — закрытого типа, б — открытого типа

мингах, слябингах, обжимных и сортовых станах, имеют более жесткую конструкцию и дешевле, чем открытые.

Станины открытого типа применяются в сортовых станах с линейным расположением клеток, так как в этом случае более удобна перевалка валков.

ТАБЛИЦА 20

Станины	Отношение площади поперечного сечения стойки станины к квадрату диаметра шейки валка $\left(\frac{F}{d^2}\right)$
Чугунные	0,6—0,8
Стальные:	
обжимных станов	0,7—0,9
станов кварто	1,0—1,2
прочих станов	0,8—1,0

Станины изготавливаются обычно литыми из стали 35Л. Расстояние между осями лап станин в среднем в три-четыре раза больше диаметра валков. Размер станин зависит от размеров прокатных валков (табл. 20); необходимо, чтобы максимальные напряжения в станине, возникающие при изломе валков, не превышали предела упругости станины.

Плитовина

Плитовина (фундаментная плита) является опорой для станины рабочей клетки (рис. 56). Плитовины делятся на одинарные (раздельные), которые применяются для крупных станков; двойные

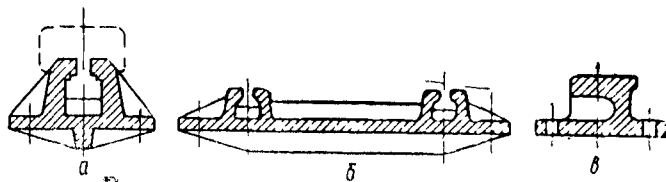


Рис. 56. Фундаментные плиты:
а — одинарная; б — двойная; в — нового типа

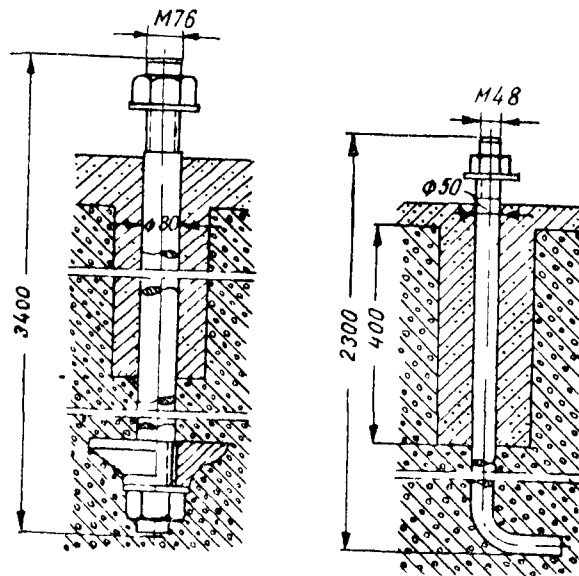


Рис. 57. Примеры конструкций фундаментных болтов

(цельные), которые применяются для мелкосортных станков; с прямоугольной опорной поверхностью, которые применяются, когда по условиям смены валков клетки с плитовин не снимаются.

Плитовины обычно изготавливаются из чугуна и в редких случаях из стального литья. Обычно высота плитовин

$$h \approx 0,5D,$$

где D — диаметр валков.

Общая опорная площадь плитовин должна соответствовать допускаемому удельному давлению на фундамент (15—20 кг/см²) в зависимости от веса клетки и величины опрокидывающих усилий.

Крепление станин к плитовинам и плитовин к фундаменту производится болтами или клиньями.

Фундаментные болты (рис. 57), как и болты крепления станин, рассчитываются на одно и то же усилие:

Диаметр валков D , мм

500
500

Диаметр фундаментных болтов d , мм

$0,1 D + 10$
 $0,08 D + 10$

Валки

Прокатные валки состоят из следующих частей: бочки, непосредственно соприкасающейся с металлом, двух шеек, опирающихся на подшипники, и концевых частей валка, соединяющихся с муфтой или шпинделем, выполненных в виде трещин плоскими или цилиндрическими (со шлицевыми канавками или канавками для шпонки).

Одним из основных показателей, определяющим назначение валка, является твердость его рабочей поверхности.

Классификация валков по этому признаку проведена в табл. 21.

ТАБЛИЦА 21

Группа валков	Твердость		Применение	Материал
	HB	HS		
Мягкие	150—250	30—40	Обжимные и прошивные станы, черновые клетки крупносортовых и заготовочных станков	Стальное литье, ковкая углеродистая сталь, серый чугун
Полутвердые	250—350	40—60	Заготовочные и четырехвалковые (опорные валки) станы; черновые клетки среднесортных, мелкосортных и листовых станков; чистовые клетки крупносортовых станков	Стальное литье, ковкая сталь, полусакаленный чугун
Твердые	350—550	60—85	Чистовые клетки листовых, среднесортных и мелкосортных станков	Легированная сталь, закаленный чугун
Особо твердые	350—650	85—100	Станы холодной прокатки	Ковкая легированная сталь

Основные размеры вала Диаметр валков выбирается в зависимости от сортамента прокатного стана

Длина бочки ручьевых валков
у черновых клетей $L = (2,2-3,0)D$,
у чистовых клетей $L = (1,5-2,0)D$.

По данным А. А. Протасова для прецизионной прокатки $L = (0,5-1,0)D$.

Допускаемая суммарная переточка валков составляет 8—10% от диаметра новых валков

Шейки валков при установке в подшипниках скольжения имеют следующие размеры:

Станы	$\frac{d}{D}$	$\frac{l}{d}$
Сортные трио	0,55	0,92—1,2
Сортные дуо	0,6—0,7	1,2

При установке в подшипниках качения шейки валков имеют диаметр

$$d = (0,5 - 0,55) D$$

Размеры трезов прокатных валков обусловлены ГОСТ 5333—55. Материал валков В зависимости от назначения прокатные валки бывают чугунные и стальные литые или кованные (табл. 22 и 23).

Прочность валков определяется допустимыми напряжениями (кг/см^2) и пределом прочности исходного металла (табл. 24).

Стойкость чугунных валков для некоторых видов проката приведена в табл. 25

Подшипники и подушки

Подушки — составная часть подшипников, предназначены для удерживания валков в определенном положении в вырезе станины рабочей клетки.

Изготавливаются из стального литья. Подушка нижнего валка обычно устанавливается неподвижно, подушка верхнего валка передвигается в вертикальном направлении. Перемещение подушки регулируется нажимными болтами.

Подшипник — опора, на которой лежит шейка прокатного валка.

Различают подшипники трех основных типов: открытые — с металлическими и неметаллическими вкладышами, закрытые — жидкостного трения, подшипники качения.

Открытые подшипники с металлическими вкладышами на сортовых станах в настоящее время не применяются

Открытые подшипники с неметаллическими вкладышами при смазке с водой обеспечивают достаточную грузоподъемность по сравнению с металлическими, имеют более высокую износостойкость в условиях попадания абразивных частиц и обладают значительно меньшим коэффициентом трения (табл. 26).

ТАБЛИЦА 22

Валки	Марка стали	Химический состав, %								Твердость
		C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	
Кованные валки блюминга	60XH	0,55—0,65	0,17—0,37	0,5—0,8	0,04	0,04	0,6—0,9	1,0—1,5	—	—
Валки заготовочных станов	60XH	0,55—0,65	0,17—0,37	0,5—0,8	0,04	0,04	0,6—0,9	1,0—1,5	—	—
Первые клетки	50XH	0,45—0,55	0,17—0,37	0,5—0,8	0,04	0,04	0,45—0,75	1,0—1,5	—	—
Последние клетки	У12	1,15—1,24	0,15—0,35	0,15—0,35	0,03	0,035	—	—	—	—
Валки крупноролных станов	—	0,9—1,0	0,3—0,4	0,7—0,9	0,045	0,06	1,0	—	0,45	33
Черновые клетки	—	1,5—1,65	0,5—0,65	0,4—0,55	0,045	0,06	1,0	—	0,45	—
Чистовые клетки	60XГН	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Валки среднеролных станов	60XГ	0,55—0,65	0,17—0,37	0,8—1,0	0,04	0,04	1,0—1,3	0,4	—	—
	70XГ	—	—	—	—	—	—	—	—	—

ТАБЛИЦА 23

Валки	Химический состав, %								Твердость HBS	Глубина отбеленности, мм
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo		
Сортные калиброванные и гладкие, отбеленные	3,6	0,2—0,8	0,4—0,8	0,55	0,14	—	—	—	60—68	20—40

Валки	Химический состав, %								Твердость HRC	Линейная отклонен- ность, мм
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo		
Мелкосортные, калиброванные и гладкие, отбеленные	3,6	0,2—0,8	0,4—0,8	0,55	0,14	—	—	—	60—68	15—30
Среднесортные и мелкосортные, полутвердые, нелегированные . . .	3,4	0,1	0,4—0,8	0,2	0,14	—	—	—	32—45	—
Среднесортные и мелкосортные, полутвердые, хромированные . . .	3,6	0,6	0,8—1,5	0,3	0,14	0,6—1,0	0,8—1,2	—	35—50	—
Среднесортные и крупносортные, легированные, хромоникелевые, по- лутвердые, отлитые из вагранок в кокиль с обмазкой	3,6	0,6	0,6—1,0	0,35	0,14	0,4—0,8	0,6—1,2	—	30—50	—
Крупносортные, полутвердые, от- литые в земляную форму, нелегиро- ванные	3,0	1,5	0,4—0,6	0,25	0,1	—	—	—	28—35	—
Крупносортные и среднесортные, нелегированные, полутвердые, от- литые в кокиль, с уплотненными калибрами	3,3	0,8	0,4—0,7	0,5	0,1	—	—	—	30—40	—
Крупносортные, легированные, хромоникелевые, полутвердые, от- литые в кокиль с уплотненными калибрами	3,4	0,5	0,7—1,3	0,3	0,1	0,4—0,8	0,6—1,2	—	35—50	—
Крупные легированные хромо- никелевые, полутвердые, отлитые в кокиль с обмазкой	3,0	0,3— 0,65	0,5—0,9	0,35	0,14	0,3—0,7	0,3—0,7	—	30—50	—

ТАБЛИЦА 24

Материал	Предел прочности кг/мм ²	Допускаемые напряже- ния, кг/см ²
Кованые валки из углеродистой стали . .	60—65	1200—1300
Валки из стального углеродистого литья . .	50—60	1000—1200
Чугунные валки . .	35—40	700—750

ТАБЛИЦА 25

Стан	Размеры профиля, мм	Стойкость на один калибр (количество металла, прокатываемого в калибре от переточки до переточки), т
280	25×25	41,4
300	63×40 75×75 63×63 56×56 Бортколы Швеллер № 6 и 5	160 415 239 193 32,3 260
500	75×50 75×75 Рудничные рельсы 90×60 Швеллер № 12	112,9 363,1 313,5 180 322
650*	Швеллер № 16 Швеллер № 20 Двутавровые балки № 16—20 Сталь круглая, диаметр 70—120 мм Рельсы Р24 Сталь квадратная со сто- роной 75—100 мм	1200 1600 1500—2000 6000—12000 1500 6000—12000

* Стойкость валков стана 650 дана в тоннах на комплект валков.

ТАБЛИЦА 26

Характеристика трущихся поверхностей	Качество смазки	Коэффициент трения
Бронзовые вкладыши	Плохая	0,10
То же	Хорошая	0,05
Баббитовые вкладыши	То же	0,02
Роликовые подшипники	» »	0,003
Пластмассовые подшипники	» »	0,007

Материал для неметаллических вкладышей (табл. 27): текстолит и его заменитель лигнофоль — при удельных давлениях около 250—300 кг/см²; лигностон — при удельных давлениях менее 100 кг/см².

Текстолит — изготавливают горячим прессованием ткани или текстолитовой крошки, пропитанной смолой. Из него делают преимущественно цельноштампованные вкладыши.

Лигнофоль (древесно-слоистый пластик ДСП), изготавливается из фанерного березового шпона, по механическим и антифрикционным свойствам не уступает текстолиту, но значительно дешевле. Из лигнофоля делают сборные вкладыши.

Лигностон — изготавливают из березовых листьев, предварительно пропитывая их 20%-ным раствором глюкозы с последующим прессованием поперек волокон под давлением 250—300 атм при 140—160° С, лигностон имеет большую теплостойкость и дешевле всех неметаллических вкладышей; применяется при более низких удельных давлениях. Вкладыши обычно выполняют из брусков лигностона, устанавливаемых на торец.

Вкладыши устанавливают соответственно направлению усилий прокатки (рис. 58). У среднего вала станов трио вкладыши устанавливают сверху и снизу шейки. Подшипник верхнего вала имеет снизу вспомогательный вкладыш для восприятия веса вала при холостом ходе стана. Подшипник нижнего вала верхнего вкладыша не имеет.

Вкладыши применяются цилиндрической формы, прямоугольные и секционные (рис. 59).

Закрытые подшипники жидкостного трения (рис. 60) охватывают шейку по всей окружности. В подшипниках этого типа поверхности скольжения разделены тонким слоем масла. Подшипники имеют герметизацию и отличаются очень низким коэффициентом трения.

Подшипники качения (рис. 61) применяются в заготовочных, мелкосортных и проволочных станах, они не требуют столь тщательной герметизации, более просты в эксплуатации, чем подшипники жидкостного трения.

Устройство для установки валков

Установка валков производится в целях: регулирования взаимного положения валков для получения профиля необходимых размеров; регулирования положения валков по отношению к уровню рольгангов или к уровню валков других клетей (непрерывных станов)

ТАБЛИЦА 27

Показатели	Текстолит			Лигнофоль		Лигностон	Бронза
	слоистый	2Б	из крошки	параллельный	перекрестный		
Удельный вес	1,3—1,4	1,35—1,4	1,25—1,4	1,35—1,45	1,35—1,45	1,2—1,25	8,8
Предел прочности при сжатии, кг/мм ² вдоль волокон поперек волокон	13,0—13,5 23,0—24,5	Не менее 11 Не менее 19	— Не менее 10—13	15—20 —	13—15 —	10—12 6—7	45 45
Модуль упругости, кг/мм ²	500—1100	—	—	—	—	—	10000
Теплопроводность, ккал/м·час·град	0,2—0,3	—	—	—	—	—	55
Теплостойкость, °С (начало обугливания или плавления)	140—150	125	—	—	—	300	700
Коэффициент трения	0,003—0,006			0,003—0,006		0,075—0,1	

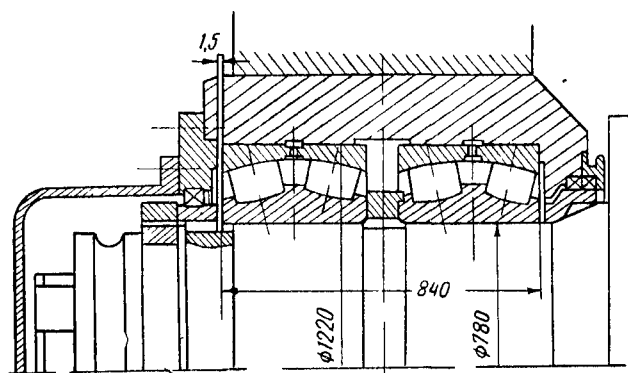
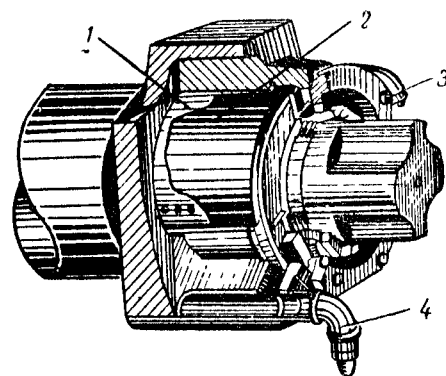
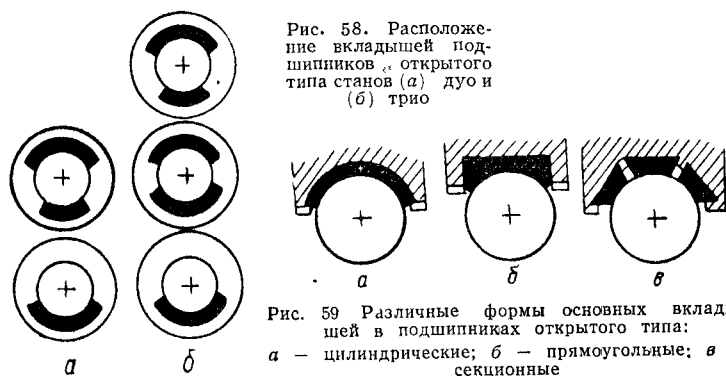


Рис. 61. Сфероконические подшипники с конусной втулкой на шейке рабочего вала непрерывного проволочного стана 250

В клетях дуо, кварто и двойное дуо расстояние между валками изменяется перемещением верхнего вала. Нижние валки перемещаются лишь при перестройке стана.

В клетях трио с постоянным взаимным расположением калибров расстояние между ними регулируется перемещением верхнего и нижнего валков.

В связи с этим в сортовых станах применяют установочные механизмы двух видов: с приводом от электродвигателя и ручным приводом.

Механизмами для установки верхнего вала снабжаются станы дуо, трио и двойное дуо. Конструкция механизмов определяется необходимой скоростью подъема верхнего вала. Скорость передвижения верхнего вала сортовых станом составляет 2—5 мм/сек.

Установочные механизмы верхнего вала с ручным приводом применяются на сортовых станах с постоянным взаимным расположением калибров, где ими пользуются при настройке валков (рис. 62).

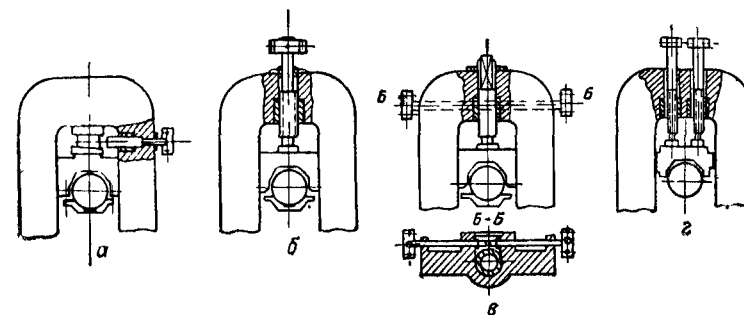


Рис. 62. Схемы установочных механизмов верхнего вала с ручным приводом

а — с клином; б — с вращающимся нажимным винтом, в — с вращающейся гайкой, г — с четырьмя нажимными винтами

Механизмы для установки нижнего вала широко применяются на сортовых станах с целью сохранения постоянного уровня прокатки, нарушаемого вследствие переточки валков.

Уровень нижнего вала изменяется с помощью сменных прокладок, закладываемых между кассетой и подушкой при подшипниках открытого типа и станиной и подушкой при подшипниках качения или с помощью установочных механизмов.

Установочные механизмы применяются с поперечными клиньями для станом линейного расположения (рис. 63) или с продольными клиньями для станом непрерывных и последовательно возвратных (рис. 64).

Механизмы для установки среднего вала применяются на сортовых станах трио в виде клиновых устройств с опорой их на станину для регулирования верхней подушки по мере износа вкладышей.

Нажимные винты обычно изготавливают из сталей марок 40Х или 40ХН при значительных нагрузках и углеродистой стали с пределом прочности 50—70 кг/мм² при обычных нагрузках.

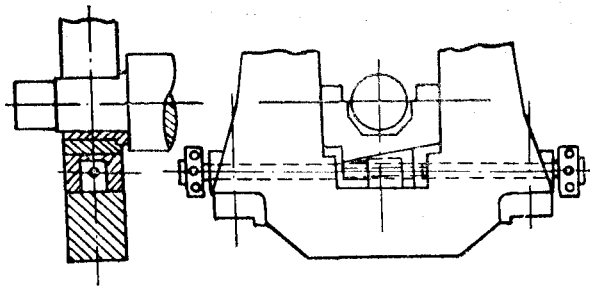


Рис. 63. Схема установочного механизма нижнего вала с поперечным клином

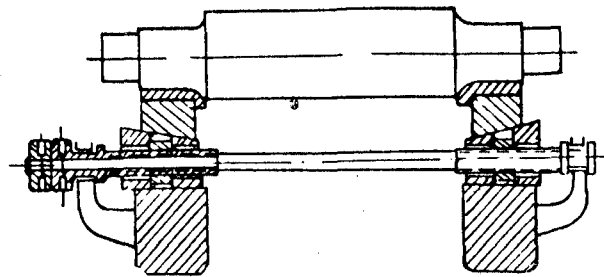


Рис. 64. Схема установки нижнего вала с продольным клином

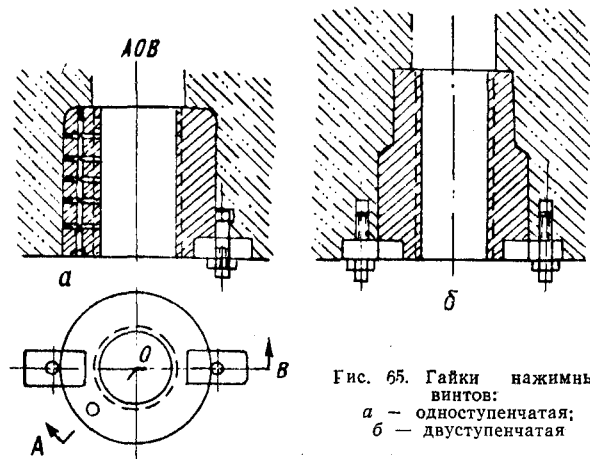


Рис. 65. Гайки нажимных винтов:
а — одноступенчатая;
б — двухступенчатая

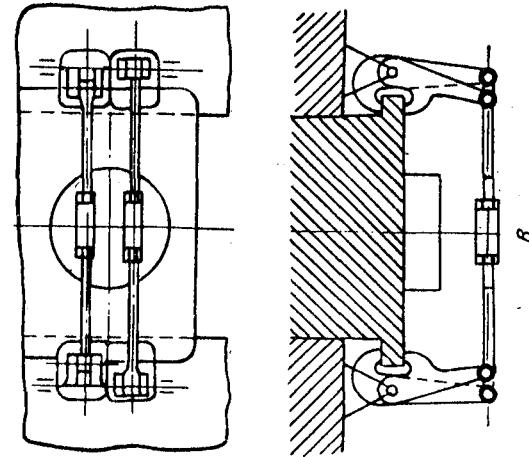
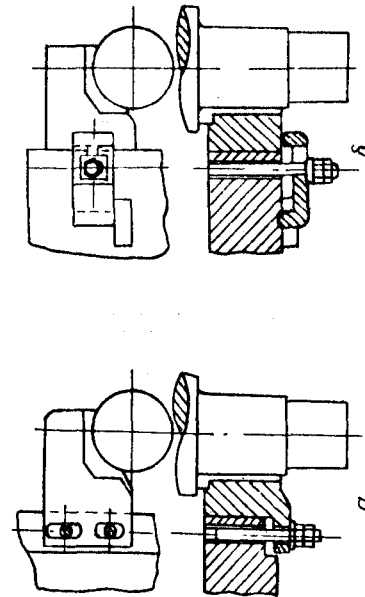


Рис. 66. Осевая установка валов раздвигаемых редко с помощью:
а — фланцев на подушках; б — двойной рычажной системы



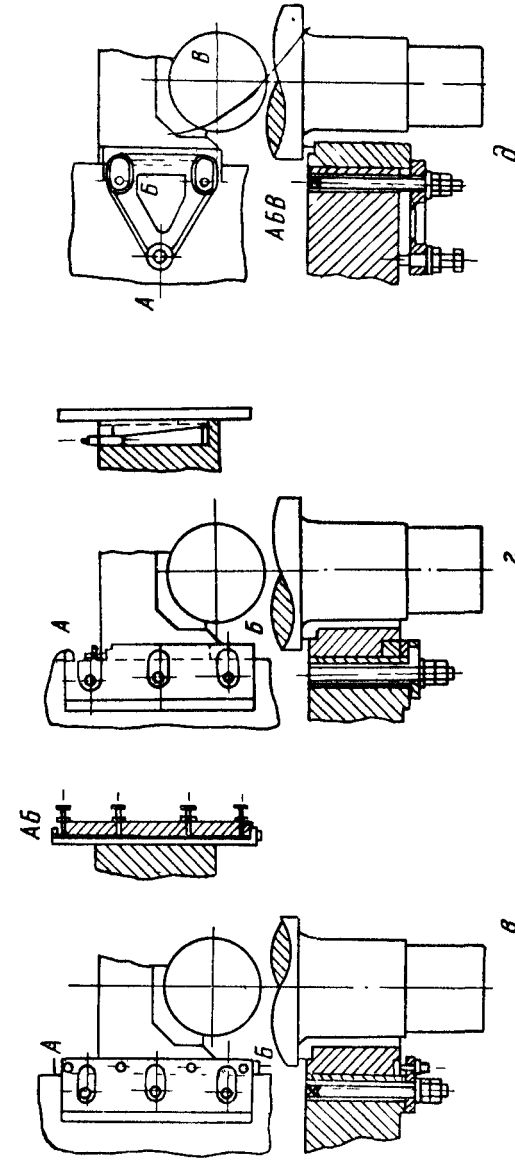
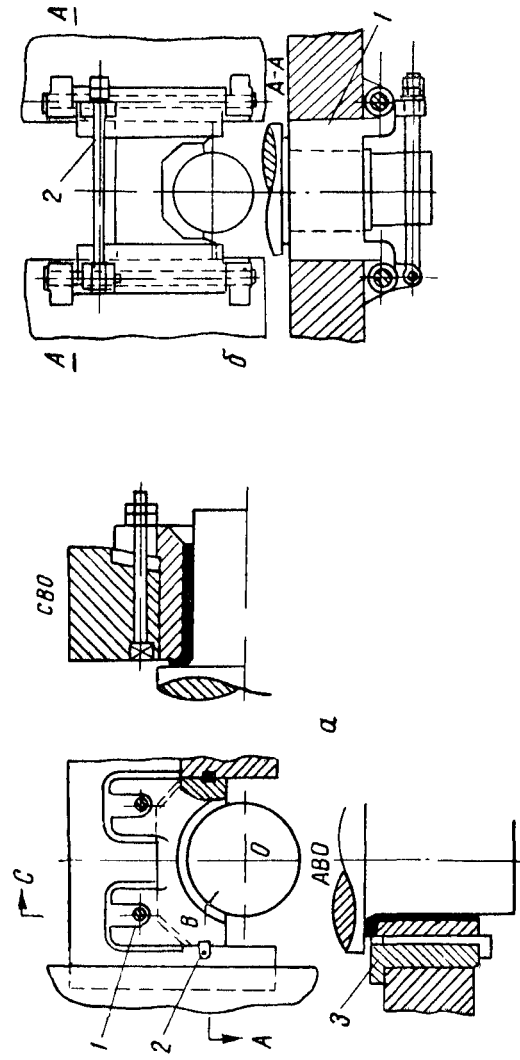


Рис 67. Осевая установка валков раздвигаемых часто с помощью.
 а — передней кассеты с вкладышем; б — одинарной рычажной системы; в — продольной планки и нажимных винтов; г — клин; д — треугольных планок; е — болты; ж — шпонки; з — запящечки

Наружный диаметр нажимного вала:

$$d_0 = (0,55 - 0,62) d,$$

где d — диаметр шейки вала.

Хвостовики нажимных винтов выполняются обычно квадратного сечения с облицовкой бронзовыми планками для быстроходных нажимных устройств и квадратного сечения со шпонкой для нажимных устройств с ручным приводом.

Гайки обычно выполняют одноступенчатыми (рис. 65) и изготовляют из бронзы марки Бр. ОЦС6-6-3, Бр. ЛЖ9-4.

Устройство для осевой установки и фиксации валков

Осевая регулировка валков производится в целях правильного взаимного положения калибров.

При редких подъемах и опусканиях вала (при настройке клетки) осевая установка вала производится с помощью пропущенных через станину болтов, действующих на подушки с внешней стороны через фланцы (рис. 66, а) или через планки (рис. 66, б). В рабочих клетях с подшипниками качения или жидкостного трения, когда осевое движение валков производится перемещением одной подушки, применяется двойная рычажная система (рис. 66, в).

При частых подъемах и опусканиях вала осевая установка производится передвижением кассеты с вкладышем в подушке с помощью болтов (рис. 67, а); одинарной рычажной системой (рис. 67, б); продольными планками и нажимными винтами (рис. 67, в); клиньями (рис. 67, г); треугольными планками (рис. 67, д).

Валковая арматура

Проводки

Проводки — устройства для направления металла при входе в валки или выходе из них: вводные (1) — со стороны входа металла (рис. 68), выводные (2) — со стороны выхода металла. Конец проводки, обращенный к валкам, называется носком, а ее часть, опирающаяся на брус, — пяткой.

Проводки выполняют следующие функции: обеспечивают необходимое направление полосы в вертикальной плоскости при входе в калибр или при выходе из него (направляющие); кантуют прокатываемые полосы (кантующие); предотвращают оковывание валков полосой и аварии в случае поломки или выбивания основных рабочих проволок (предохранительные).

В зависимости от их расположения проводки делятся на нижние и верхние.

Нижние проводки опираются на валок и брус собственным весом, верхние проводки уравниваются при помощи противовеса или пружины.

Направляющие вводные проводки изготавливаются в виде линеек, крепящихся на проводковом брус (рис. 69); про-

водковых досок — для ромбических калибров (рис. 70); желобов — для прямоугольных калибров; коробок с пропусками (линейками) — для ребровых и др. проходов, когда требуется точное направление полосы (рис. 71); роликовых проволок (рис. 72).

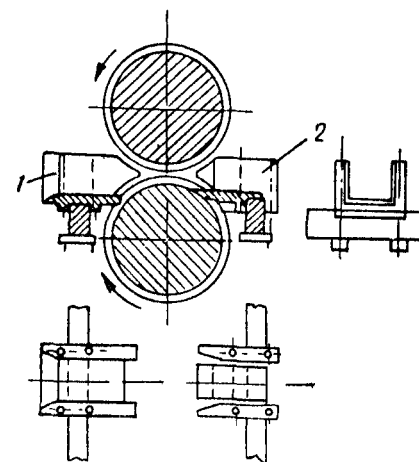


Рис. 68 Проводки:
1 — вводные, 2 — выводные

Направляющие выводные проводки состоят из проводковых ножей и боковых линий. Проводковые ножи применяются для нижнего вала (рис. 73).

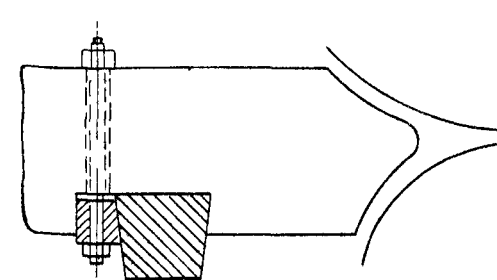


Рис. 69. Крепление боковой линейки на проводковом брус

Проводки (кантующие) для кантовки профиля изготавливаются в виде линейки с внутренней винтообразной поверхностью, закрепленной в коробке клином (рис. 74); кантующих роликов (рис. 75).

Обводные проводки (рис 76) обеспечивают поворот на 180° выходящего из калибра переднего конца полосы и направляют его в другой калибр. Применяются главным образом на мелкоsortных станах при линейном расположении клетей.

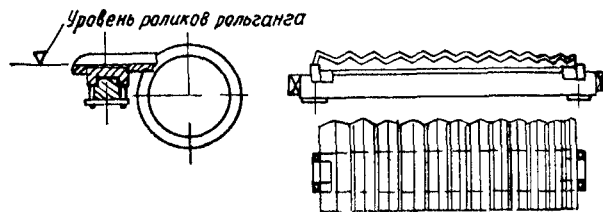


Рис 70 Проводковая доска для ромбических калибров

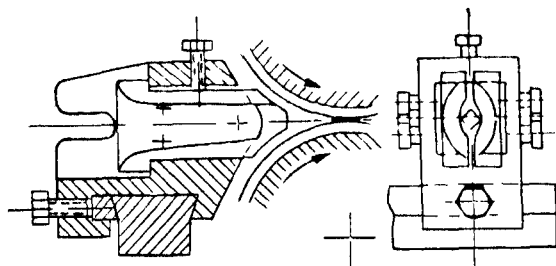


Рис 71 Вводная проводка, состоящая из коробки и боковых линеек (пропусков)

Правила установки направляющих проводок

1 Рабочая поверхность проводок должна располагаться а) у носка проводки — ниже уровня калибра примерно на $0,01 D_0$, б) с незначительным уклоном ее к пяте

2 Носок проводок со стороны рабочей поверхности должен быть скошен по дуге

3. Опорная поверхность носка проводок должна соприкасаться с валками на 50—75% длины дуги нижнего профиля носка

4 Проводки должны располагаться строго перпендикулярно к оси валков, перекосы проводок в горизонтальной плоскости не допускаются

5 Проводка должна опираться на брус крайней нижней кромкой пяты, между передним краем опорной поверхности бруса и опорной поверхности пяты должен быть зазор по вертикали 3—6 мм

6 К легким и узким нижним проводкам подвешивается груз, обеспечивающий плотное прилегание носка проводки к валкам и уменьшение возможности выбивания проводок при ударах и сотрясениях

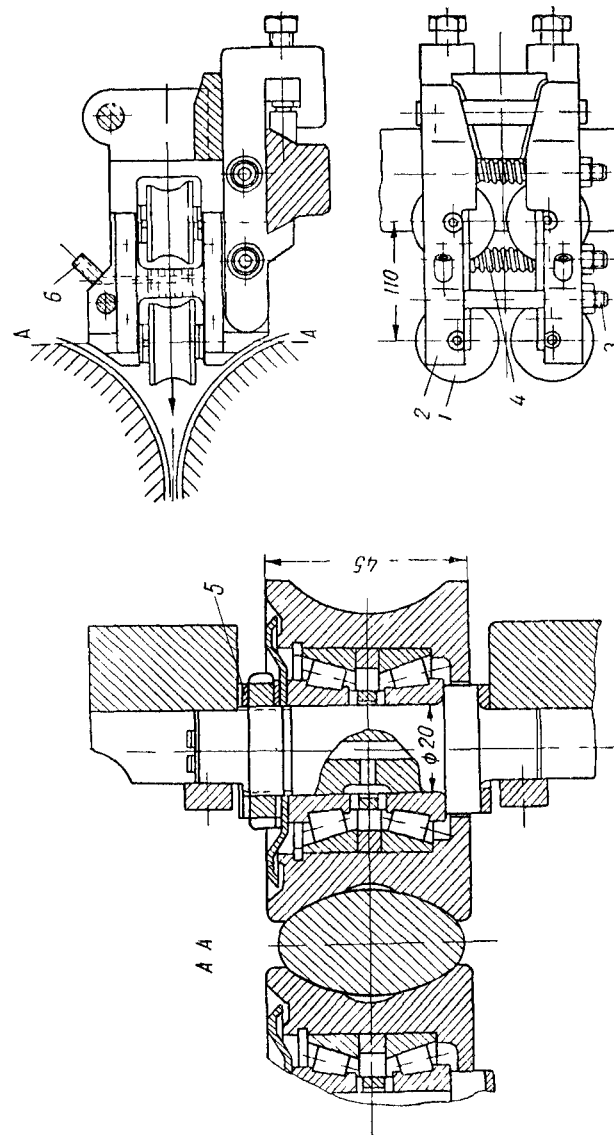


Рис 72 Роликовая проводка для овала стана 300 (завод «Серп и молот»)
1 — ролик, 2 — обоймы, 3 — болты, 4 — пружины, 5 — прокладки, 6 — трубка

7 Рабочая поверхность проводок и опорная поверхность носка должны быть ровными, гладкими, не иметь выступов и заусенцев

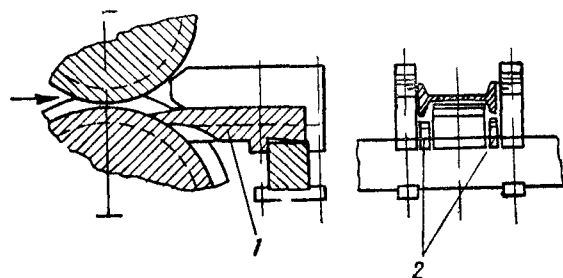


Рис 73 Выводная проводка для прокатки балки
1 — нож для полки, 2 — ножи для фланцев

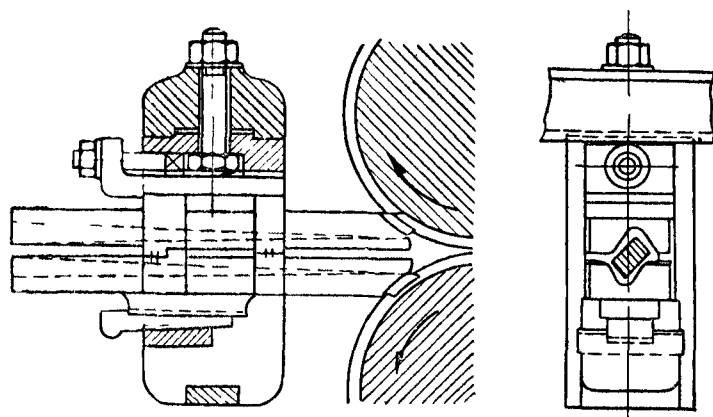


Рис 74 Схема кантующей проводки непрерывного заготовочного стана

Правила установки кантующих (винтовых) проводок

1 Коробки с кантующими проводками устанавливаются таким образом, чтобы выходное сечение коробки было симметрично калибру.

2 Величина зазора между верхней и нижней проводками регулируется клиньями или прокладками, их толщина определяется путем замера зазора между верхней и нижней проводками по рабочим кантующим поверхностям с последующим определением разности между величиной зазора, принятой в схеме калибровки, и ве-

личины зазора, полученной при замере. Толщина прокладки принимается равной этой разности, но с учетом усадки при закреплении проводок в коробке клином (1,0—1,5 мм).

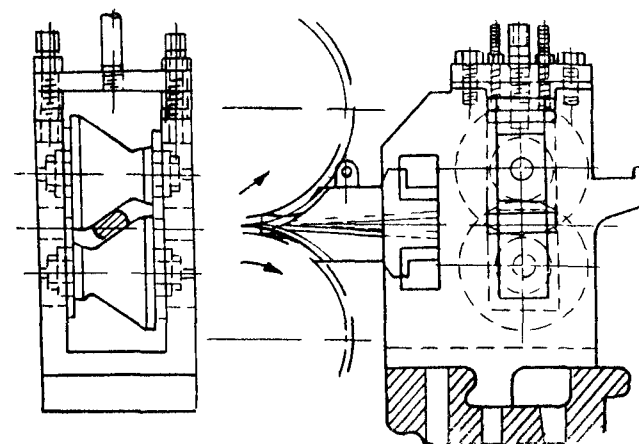


Рис 75 Роликовая кантующая проводка для сортового стана 300

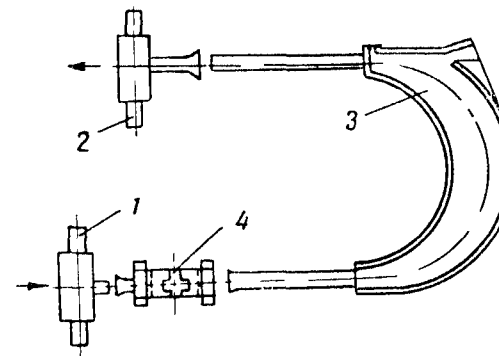


Рис 76 Обводная проводка с открытым обводным желобом

1, 2 — рабочие клетки, 3 — обводная проводка, 4 — роликовая проводка

3 После установки прокладок и забивки клиньев крепления проверяется соответствие величины зазора между проводками калибру по схеме калибровки, с учетом диаметра и «пружины» валков

Правила установки кантующих роликов
1 Проверяют горизонтальное расположение осей кантующих валков по уровню

2. Проверяют соответствие осей калибров рабочих валков с осями калибров кантующих валков

Материал для изготовления арматуры

Вид арматуры	Материал
Опорные брусья простой конфигурации	Кованая сталь 35 и Ст. 5
Опорные брусья сложной конфигурации	Литая сталь 35 и Ст. 5
Столбы	Литая сталь 25 и Ст. 4
Линейки и составные коробки, подвергающиеся небольшому износу	Литая сталь 25 и Ст. 3
Линейки и составные коробки, подвергающиеся повышенному износу	Литая сталь 35 и Ст. 5
Линейки чистовых клетей, применяемые для устранения рисок и царапин на прокате	Чугун СЧ 12—28, 32—52
Коробки для пропусков и кантующих проводок	Литая сталь 25 и Ст. 3
Пропуски плоские и фасонные для крупных профилей (>100 мм)	Чугун СЧ 12—28, 32—52; литая сталь 25 Ст. 4
Пропуски фасонные для небольших профилей (100 мм), прокатываемых из углеродистых сталей	Отбеленный чугун (3,1—3,3% С; 0,75—0,85% Мп; 1—1,2% Si; 0,13% S, 0,15% P)
Пропуски плоские и фасонные для мелких профилей, прокатываемых из углеродистых сталей	Хромистый чугун (2—2,2% С; 0,4—0,7% Мп; 0,7—0,9% Si; 15—16% С; 0,85% S; 0,15—0,35% P)
Пропуски фасонные для чистовых клетей при прокатке мелких профилей из углеродистых сталей	Высокохромистый чугун (1,5—2,2% С; 0,5—0,8% Мп; 1,3—1,7% Si; 32—36% Cr; 0,1% S; 0,1% P; 0,9% Ni, 0,2% Ti)
Пропуски плоские и фасонные для профилей, прокатываемых из легированных сталей	Модифицированный чугун (2,8—3,6% С; 0,7—1,2% Мп; 1,2—1,8% Si; 0,2—0,5% Cr; 13% S; 0,5—0,9% P)

Продолжение

Вид арматуры	Материал
Пропуски фасонные для крупных профилей, прокатываемых из углеродистых сталей	Кованая сталь 38ХМЮА
Проводки направляющие, широкие массивные и фасонные	Литая сталь 50Г2, сталь 45 и 35
Проводки направляющие, фланцевые и другие небольшие проводки	Кованая сталь 45, рельсовые стали М-62 и М-70
Проводки направляющие для прокатки легированных сталей в чистовых клетях	Модифицированный чугун указанного выше состава
Проводки кантующие для непрерывнозаготовочных станов	Литая сталь 50Г2
Проводки кантующие для мелкосортовых и проволочных станов	Чугун СЧ 12-28, 32-52
Ролики для линеек, пропусков и проводок	Модифицированный чугун указанного выше состава Кованая сталь Ст. 5 с закалкой рабочей поверхности Сталь ШХ9 или ШХ15 Сталь 50ХН или 80ХГН
Кантующие валки	Кованая сталь 45. Ст. 5 и Ст. 3 (сварные)
Клинья крепления линеек и коробок	Литые стали 25,35
Желоба обводных аппаратов	Сталь Ст. 5
Ступенчатые и ребристые ролики	

Виды повреждений деталей валковой арматуры и способы их ремонта

Наименование деталей валковой арматуры	Виды повреждений	Способы ремонта
Опорные брусья	Изгиб брусьев Поломка хвостика. Смятие боковых поверхностей при креплении линеек и коробок на брусьях с помощью клиньев	Выпрямление под молотом Не ремонтируют
Столы	Износ рабочих поверхностей	Наварка на месте износа и обработка наждачным кругом
Вводные и выводные линейки, а также составные коробки	Износ рабочих поверхностей	Наварка на месте износа с последующей обработкой на наждачном станке. При большом местном износе — приваривают в соответствующих местах пластины из сталей Ст. 4, Ст. 5, СХЛ-4, пластин, наваренных сормайтом и т. д.
Вводные коробки для пропусков и выводные для кантующих провадок	Поломка хвостовой части пяты	Не ремонтируют

Продолжение

Наименование деталей валковой арматуры	Виды повреждений	Способы ремонта
Вводные коробки для пропусков и выводные для кантующих провадок	Выход из строя резьбы для зажимных болтов	Нарезка резьбы большего диаметра или же заварка отверстий и нарезка новой резьбы
Пропуски плоские и фасонные	Износ хвостовой части коробки Износ рабочих поверхностей	Наварка на месте износа и обработка наждачным кругом Не ремонтируют
Проводки направляющие	Поломка от ударов полосой Износ опорной поверхности носка Износ рабочей поверхности проводок	Не ремонтируют Оттяжка носка провадок (кроме фасонных и чугунных) под молотом с последующей зачисткой и подгонкой на наждачном станке. Приварка пластин к опорной поверхности пяты. Переделка больших провадок на меньшие Наварка изношенной поверхности с последующей прострожкой или зачисткой на наждачном станке Наварка сормайтом

Наименование деталей валковой арматуры	Виды повреждений	Способы ремонта
Проводки кантовальные непрерывных заготовочных станов	Поломка носка проводов Износ рабочей поверхности проводов	Не ремонтируют Приварка в местах износа пластин Наварка мест износа твердыми сплавами с последующей шлифовкой рабочей поверхности
Проводки кантовальные мелкосортных и проволочных станов	Износ рабочей поверхности проводов	Не ремонтируют
Ролики для линеек, пропускных и проводов	Износ рабочей поверхности	Переточка ролика для профиля большего размера
Кантовальные ролики	Износ рабочей поверхности	Переточка на меньший диаметр
Желоба обводных аппаратов	Износ рабочей поверхности	Наварка мест износа с последующей зачисткой наждачным кругом

Способы устранения неполадок на станах и дефектов проката *настройкой валковой арматуры*

Прокачиваемые профили	Неполадки или вид дефектов проката	Способы устранения неполадок и дефектов
Всех видов	Застревание полосы в линейках	Линейки следует поставить шире
	Изгиб полосы в виде серпа при выходе из валков	Сдвинуть на калибр ту выводную линейку, в сторону которой изгибается полоса, а другую линейку отодвинуть от калибра
	Полоса при выходе из валков изгибается вверх (вниз)	Опустить (поднять) нижнюю и верхнюю проводки, опустить (поднять) брус или заменить короткие проводки
	Полоса, выходя из калибра, скручивается	Сблизить верхнюю и нижнюю проводки или заменить изношенные проводки
	Полоса, выходя из проводов, скручивается	Увеличить расстояние между выводными проводками и линейками
	Полоса выходит из калибра волнистой	Заменить короткие проводки на проводки нормальной длины
	Попадание полосы под правый (левый) борт вала	Сдвинуть вводную правую (левую) линейку на калибр, а левую (правую) линейку отодвинуть от калибра

Прокатываемые профили	Неполадки или вид дефектов проката	Способы устранения неполадок и дефектов
Всех видов	Односторонний «лампас» (заусенец)	Сдвинуть на калибр ту вводную линейку (пропуск) со стороны которой образовался «лампас» и установить линейки (пропуски) симметрично относительно оси калибра
	Закат на профиле	Установить в каком калибре получается подрез или другой дефект и заменить в нем сработавшую арматуру
	Риски (царапины) на полосе	Установить, какая деталь арматуры царапает полосу, и заменить ее
Круглая сталь	Закручивание овальной полосы в чистовом калибре	Подтянуть правые и левые установочные болты в коробке; проверить зазор между пропускками по шаблону; сменить изношенные пропуски или ослабить нижний установочный болт с одной стороны и подтянуть верхний установочный болт с другой стороны, или поднять (опустить) один пропуск
	На чистовом профиле с одной стороны «лампас» (заусенец), а с другой — «лысина» (незаполнение) Овальность чистового профиля	См. табл. 30

Прокатываемые профили	Неполадки или вид дефектов проката	Способы устранения неполадок и дефектов
Квадратная сталь	Чистовой профиль крутит по часовой стрелке	Поднять правый или опустить левый пропуск
	Незаполнение одного угла чистового квадрата по разьему валков	Отодвинуть от калибра пропуск, где происходит незаполнение, и надвинуть на калибр противоположный пропуск
Шестигранная сталь	Разные размеры верхних граней	Переместить пропуски в сторону узкой грани на величину полуразности размеров граней
Угловая сталь	Шарина полок выходит за пределы плюсового (минусового) допуска	Поднять (опустить) или пропуски, или коробку, или вводной брус на чистовой клетки
	Одна полка шире другой	Передвинуть пропуски (коробку) в сторону узкой полки или опустить брус со стороны узкой полки
	Незаполнение вершины угла	Передвинуть коробку (пропуски) в сторону незаполнения
Двутавровые балки	Смещение угла чистового профиля	Передвинуть пропуски в сторону невыполнения угла и поставить их симметрично по центру калибра
	Стенка балки изогнута вверх (вниз)	В чистовом пропуске проводки шейки поставить ниже (выше), а проводки фланцев — выше (ниже)
	Полоса выходит из калибра скрученной	Поднять нижнюю проводку фланца и опустить с противоположной стороны верхнюю проводку фланца

Прокатываемые профили	Неполадки или вид дефектов проката	Способы устранения неполадок и дефектов
Двутавровые балки	Коробление шейки	Заменить короткие проводки в чистовом калибре
	Ширина балки по верхним фланцам больше максимального допуска, а по нижним — меньше минимального допуска	Сблизить выводные линейки в чистовом пропуске, установить их параллельно друг другу и заменить узкие полосовые проводки на более широкие
Швеллеры	Незаполнение по высоте одной полки	В разрезном калибре поставить вводные линейки симметрично оси калибра
Рессорная желобчатая сталь	Неодинаковое смещение желобка и бугорка	Сблизить пропуски
	Одна из полок сверху или снизу шире другой	Передвинуть пропуски (коробку) в сторону узкой полки
Рельсы	Полосу подкручивает на головку	Поднять нижнюю проводку головки и опустить верхнюю проводку фланца. При другой установке проводок сместить их в направлении противоположном скручиванию
	Полосу подкручивает на подошву	Опустить верхнюю проводку головки и поднять нижнюю проводку фланца
	«Ломаный» рельс	Опустить брус или сменить короткие проводки

Устройство для смены валков

Смена валков (перевалка) производится при износе или поломке валков или в связи с изменением сортамента стана. Приспособления для смены валков применяются в зависимости от типа стана и конструкции станин.

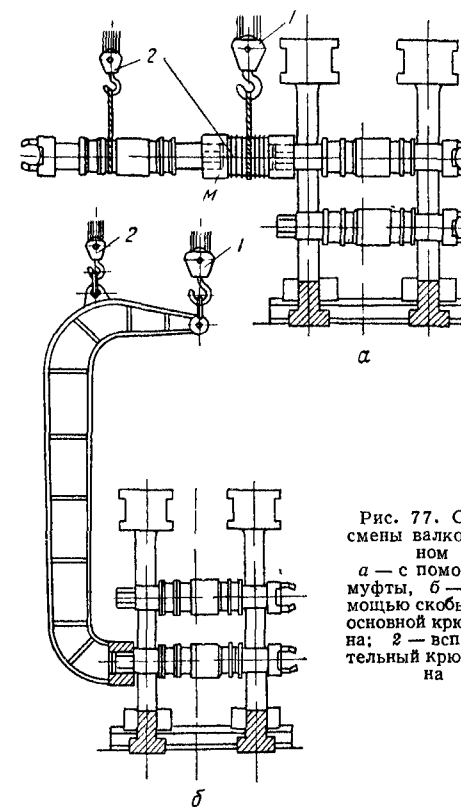


Рис. 77. Схема смены валков крайним мостовым краном
а — с помощью муфты, б — с помощью скобы; 1 — основной крюк крана; 2 — вспомогательный крюк крана

Смена валков у рабочих клеток производится при станинах открытого типа (со съемной крышкой) с помощью мостового крана, при станинах закрытого типа с помощью муфты с новым валком, подвешенной на крюке мостового крана (рис 77, а), с помощью скобы (рис. 77, б), с помощью тележек, а также заменой одной рабочей клетки другой (на современных мелкосортных станах).

ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ СОРТОПРОКАТНЫХ СТАНОВ

Рольганги

По назначению рольганги делятся на следующие основные типы:

1. Рабочие рольганги располагаются непосредственно у рабочих клетей; первые ролики рабочих рольгангов обжимных клетей устанавливаются иногда в станинах (станинные ролики).

2. Рабочие вспомогательные (раскатные) рольганги — продолжение основных рольгангов, используются при длине полосы большей, чем длина основных рольгангов.

3. Транспортные рольганги (подводящие и отводящие) служат для подачи слитков и заготовки к печам, от печей к стану, от стана к вспомогательным устройствам (ножницам, пилам, правильным машинам и др.).

4. Приемные рольганги служат для подачи металла к стану.

5. Пакетировочные рольганги перемещают полосу одновременно вдоль и поперек и служат для передачи полос в карман или к холодильникам, выполняются обычно с косыми роликами.

6. Печные рольганги устанавливаются обычно в проходных печах (изотермического отжига).

7. Подъемные и опускающиеся рольганги устанавливаются на обжимных и крупносортовых станах трио, у тяжелых ножниц и др.

Ниже приводятся диаметры роликов рольгангов сортовых станов в зависимости от их назначения:

Диаметр роликов, мм	Назначение рольганга
400	Рабочие рольганги рельсобалочных станов
350	Транспортные рольганги рельсобалочных станов
300	Рабочие и подводящие рольганги среднесортных станов
250	Рольганги мелкосортных станов. Отводящие рольганги среднесортных станов
200	Рольганги у холодильников мелкосортных станов
150	Рольганги проволочных станов

Длина бочки роликов у рабочих рольгангов равна длине бочки валков или несколько больше ее. У вспомогательных рольгангов она равна ширине того участка бочки валков, где длина полосы больше длины рабочего рольганга. У транспортных рольгангов длина бочки роликов превышает ширину горячих слитков на 300—

500 мм (для предохранения подшипников), а ширину полосы или пачки полос — на 150—250 мм.

Шаг роликов (расстояние между осями двух соседних роликов) должен быть не более половины минимальной длины полосы и принимается в соответствии с ГОСТ 5332—50.

Скорость рабочих рольгангов определяется скоростью прокатки. При прокатке длинных и тонких полос она на 5—10% выше скорости прокатки. Скорость транспортных рольгангов: подающих металл к печи или стану составляет 1,5—2,5 м/сек; убирающих металл от стана на 5—10% выше скорости прокатки, у мелкосортных станов доходит до 12 м/сек.

Конструкция рольгангов

Рольганги могут быть с групповым приводом, индивидуальным приводом и с холостыми роликами (гравитационные).

Групповой привод проектируется для рольгангов, работающих в особенно тяжелых условиях на обжимных, крупносортовых, рельсобалочных станах; привод осуществляется через трансмиссионный вал с коническими шестернями. Длина отдельных секций рольгангов — до 6 м. Двигатели асинхронные или серийные.

Индивидуальный привод применяется на транспортных рольгангах, транспортирующих длинные полосы; ролик или два ролика приводятся в движение отдельным мотором.

Подъемно-качающиеся столы применяются у сортовых станов трио с диаметром валков 500 мм и более (рис. 78—80). Длина подъемно-качающегося стола должна быть не менее $\frac{2}{3}$ максимальной длины полосы, причем наклон стола (в верхнем положении) должен быть не более $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{15}$ во избежание изгиба полосы.

Ролики на подъемных столах приводные.

Манипуляторы и кантователи

Манипуляторы и кантователи — служат для поперечного перемещения металла по рабочему рольгангу и для обеспечения правильного положения полосы по отношению к калибру валков.

Манипуляторы обжимных станов выполняются в виде двух подвижных линеек (рис. 81). Манипуляторы сортовых станов трио в связи с большой длиной полосы изготавливаются роликового типа (рис. 82).

Кантователи служат для поворота (кантовки) металла вокруг его оси. Роликовые и ступенчатые кантователи применяются на сортовых станах трио (рис. 83 и 84). Кантовательные аппараты (кантующие втулки) применяются в шахматных станах и последовательно-возвратных станах (рис. 85).

Ножницы

Для резки прокатанного металла применяются ножницы следующих типов:

1. Ножницы с параллельными ножами (режущие кромки ножей параллельны друг другу) — для поперечного разре-

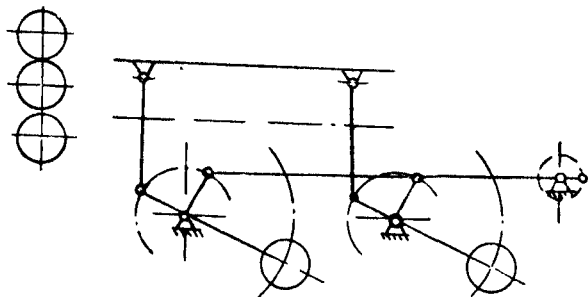


Рис. 78. Схема параллельно-подъемного стола

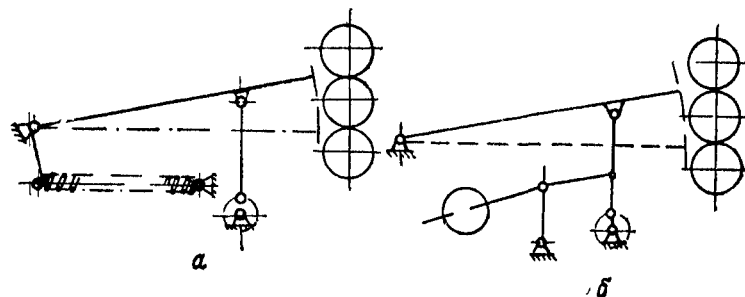


Рис. 79. Схемы подъемно-качающихся столов легкого типа с уравновешиванием:
а — пружинным; б — грузовым

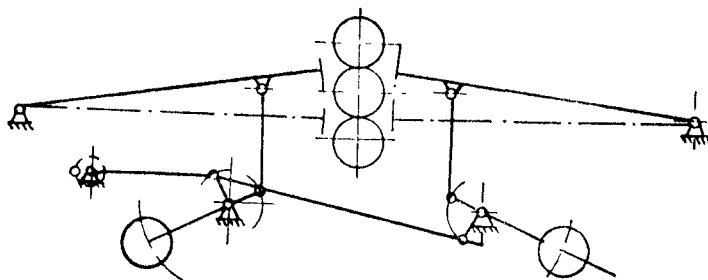


Рис. 80. Схема подъемно-качающегося стола тяжелого типа

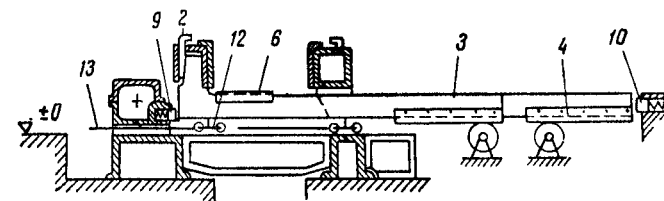


Рис. 81. Схема манипулятора стана с односторонним расположением привода:
1 — линейка; 2 — клинья; 3 — штанги; 4 — рейки; 5 — сменные плиты; 6 — планки; 7 — удлинительные линейки; 8 — пружины; 9, 10 — авариные упоры; 11 — фиксаторы; 12 — тележки; 13 — щитки

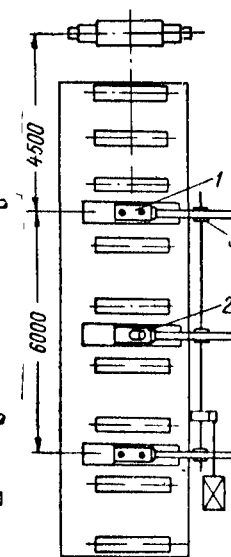


Рис. 82. Расположение роликовых манипуляторов с кантователем на подъемно-качающемся столе клетки трио крупно-сортного стана 650 (ЭЗТМ):
1 — манипулятор; 2 — кантователь; 3 — механизм перемещения

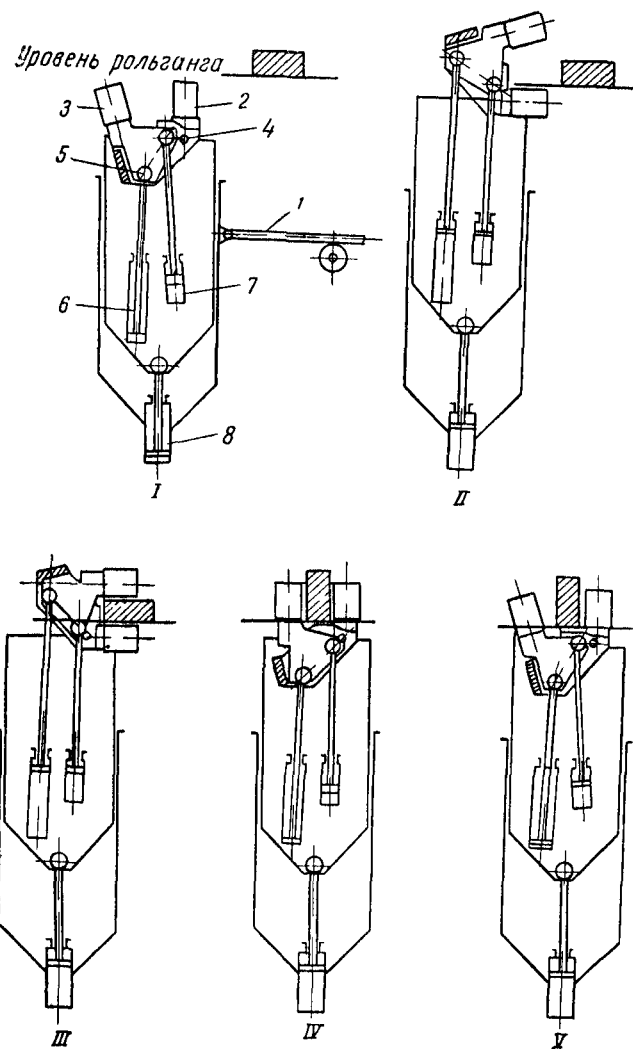


Рис. 83. Схема роликового кантователя (ЭЗТМ) Положение кантователя:
 I — нерабочее; II — перед захватом полосы; III — захват полосы при одновременном горизонтальном перемещении кантователя; IV — кантовка; V — раскрытие роликов; 1 — рейка перемещения кантователя; 2, 3 — кантующий и прижимной ролики; 4, 5 — оси качания рычагов кантующего и прижимного роликов; 6, 7 — цилиндры качения кантующего и прижимного роликов; 8 — цилиндр подъема корпуса кантователя

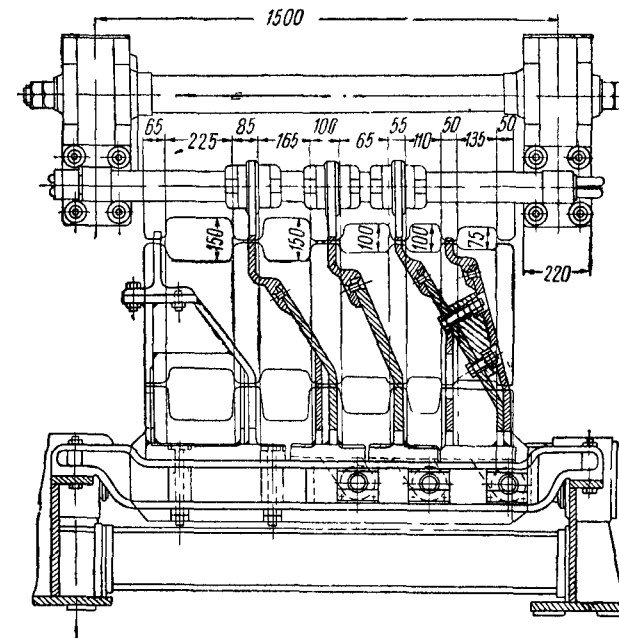


Рис. 84. Ступенчатый кантователь сортового стана 500 (ЦКБММ)

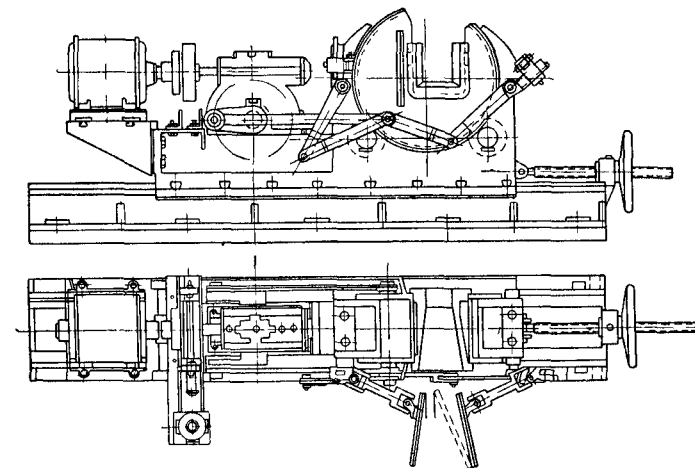


Рис. 85. Кантователь

зания блюмов, слябов и других заготовок прямоугольного и квадратного сечения (рис. 86, а).

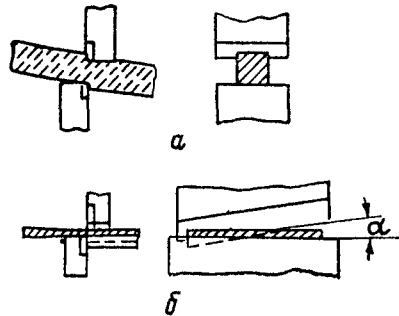


Рис. 86. Схемы расположения ножей:
а — у ножниц с параллельными ножами; б — у ножниц с наклонным ножом

2. Ножницы с наклонными ножами (режущие кромки направлены под углом друг к другу) — для разрезания мелких профилей (рис. 86, б).

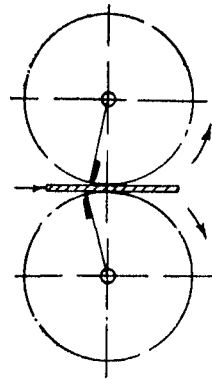


Рис. 87. Схема летучих ножниц барабанного типа

3. Летучие ножницы — для разрезания движущегося металла поперек направления его движения, а так же для резки металла на необходимую длину и для обрезки концов (рис. 87).

Пилы горячего резания

Пилы горячего резания применяются для резки сортовых и фасонных профилей готового проката и делятся на три типа: маятниковые, рычажные и салазковые.

Маятниковые пилы (рис. 88) применяются редко из-за ограниченного хода диска.

Рычажные пилы (рис. 89) применяются редко вследствие трудностей при удалении стружки из-под зубьев диска.

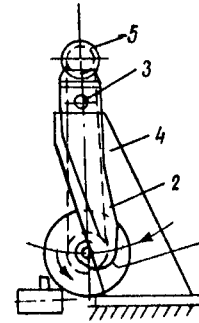


Рис. 88. Схема маятниковой пилы:
1 — диск пилы; 2 — маятник; 3 — ось движения маятника; 4 — станина; 5 — двигатель

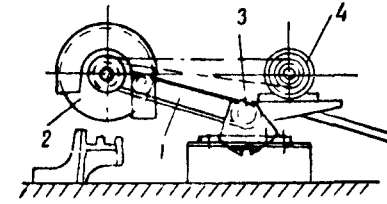


Рис. 89. Схема рычажной пилы:
1 — качающаяся рама; 2 — диск пилы; 3 — ось движения рамы; 4 — двигатель

Салазковые пилы (рис. 90) наиболее распространены в сортопрокатных цехах.

Окружная скорость диска пилы: 80—100 м/сек при d_0 диска 1000 мм; 100—120 м/сек при d_0 диска 2000 мм.

Материал дисков: сталь с пределом прочности σ_b равным 80—95 кг/мм² и удлинением δ , равным 12—13% (65Г, никелевая сталь с 1,5—2,0% Ni).

Основные параметры дисковых пил принимаются в соответствии с ГОСТ 5579—50.

Правильные машины

В сортопрокатных цехах применяются правильные машины:

1. Правильные прессы для крупносортового металла диаметром 80 мм и выше, балок крупных размеров и рельсов (в случае дополнительной правки).

2. Роликовые машины с параллельными роликами гарантируют кривизну не более 6 мм на 1 пог. м (табл. 28). Изготавливаются закрытыми с валками, расположенными между подшипниками и открытыми с консольными валками (рис. 91 и 92).

3. Правильные машины с косыми роликами гарантируют кривизну не более 2 мм на 1 пог. м, применяются для правки крупносортового металла диаметром 120—250 мм (рис. 93).

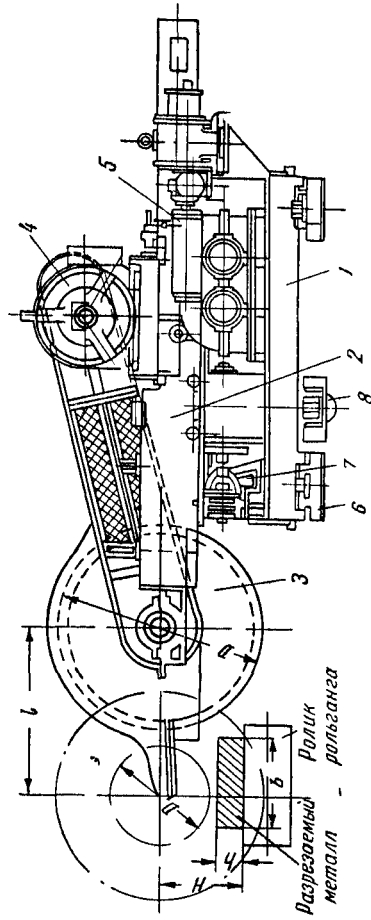
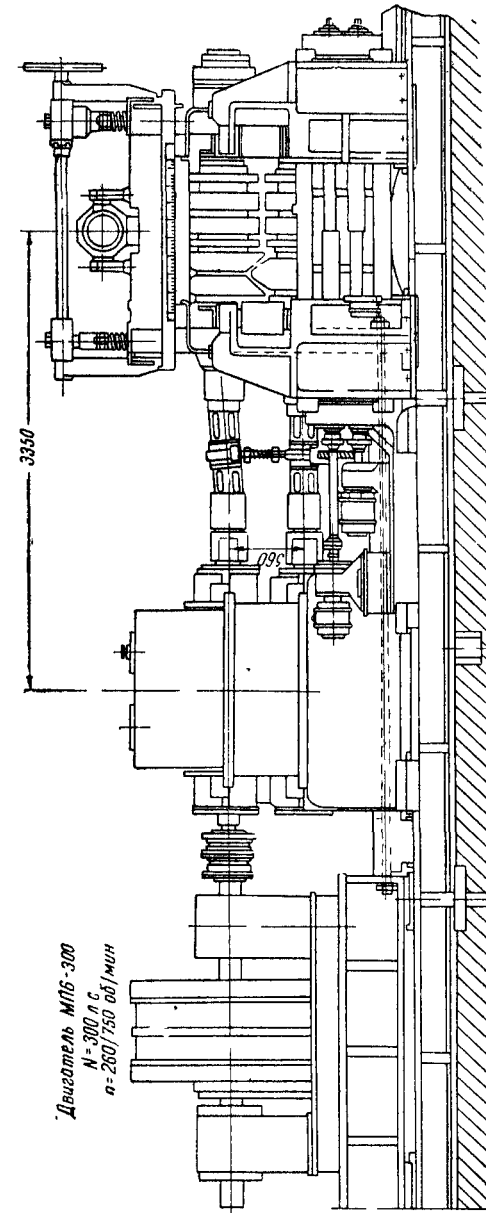


Рис. 90. Самозная дисковая пила:

1 — станок; 2 — рама диска (салазки); 3 — диск; 4 — двигатель диска; 5 — механизм подачи диска, 6 — направляющая для движения пилы вдоль рольганга, 7 — двигатель, 8 — рессорная шестерня



Двигатель МПБ-300
N=300 л.с.
n=2600/150 об/мин

Рис. 91. Роликовая крупносортирующая машина (ЦКБММ)

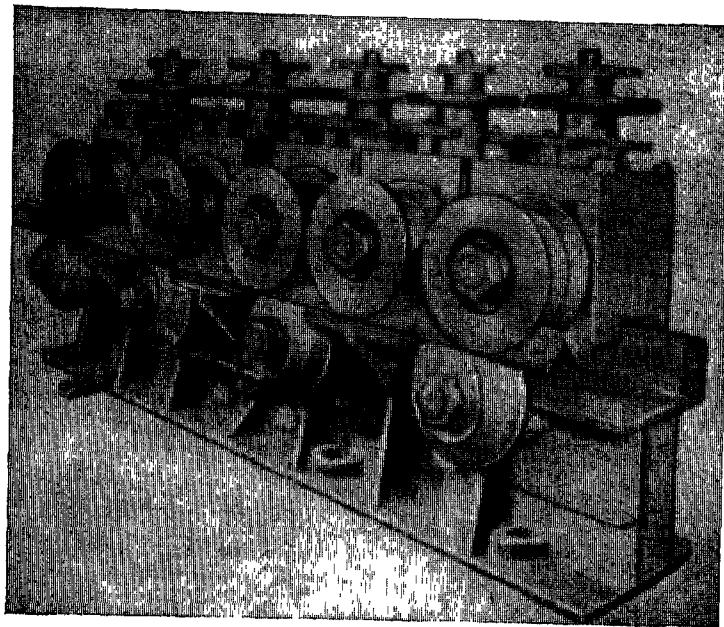


Рис. 92. Правильная машина с консольными роликами

ТАБЛИЦА 28

Расстояние между ро- лками, мм	Сортамент выправленных профилей (сталь)						Максимальная высота вы- прямляемого профиля, мм	Максимальная скорость правки, м/сек
	круглая диаметр, мм	квадрат- ная сто- рона, мм	рельсы, кг/м	угловая, полка, мм	швеллер	балка		
					номера			
200	15—40	15—35	—	50×50	6	6	60	2,0
300	20—50	15—45	7	80×80	10	10	70	2,0
400	25—60	20—50	8	100×100	12	12	80	2,0
500	35—85	30—80	18	130×130	18	18	110	1,5
600	50—100	40—90	24	150×150	22	22	140	1,5
700	55—115	45—105	30	200×200	30	30	170	1,5
800	50—125	50—115	38	240×240	35	36	200	1,2
900	65—135	55—125	44	—	40	45	230	1,2
1100	75—160	65—160	55	—	—	55	260	1,0
1300	80—175	70—165	65	—	—	60	300	0,8

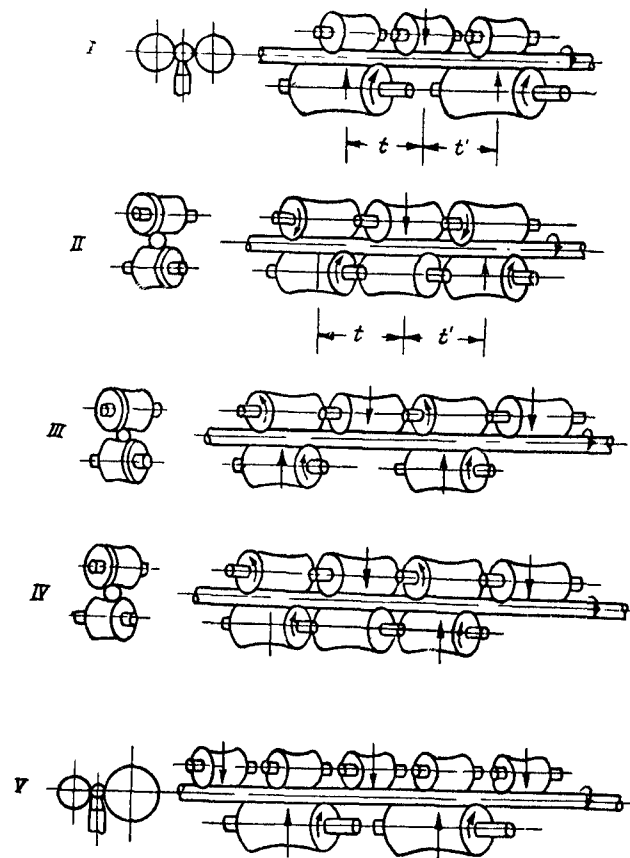


Рис. 93. Схемы правильных машин с косорасположенными ро-
лками вращения (ролики, участвующие в процессе правки,
имеют вертикальные силовые стрелки);
I — II — с одним циклом правки; III — IV — с двумя цик-
лами правки; V — с тремя циклами правки

Моталки

Моталки применяются для сматывания катанки и мелкосортной стали диаметром до 15—18 мм; обручки толщиной до 10 мм; недо-
катов и брака.

По конструкции моталки делятся на моталки с осевой подачей
металла (типа Эденборна, рис. 94) — только для стали круглых
10 А. А. Протасов

сечений из-за скручивания металла на 360° при каждом обороте; моталки с тангенциальной подачей (типа Гаррета, рис. 95) — для сматывания стали других форм сечения

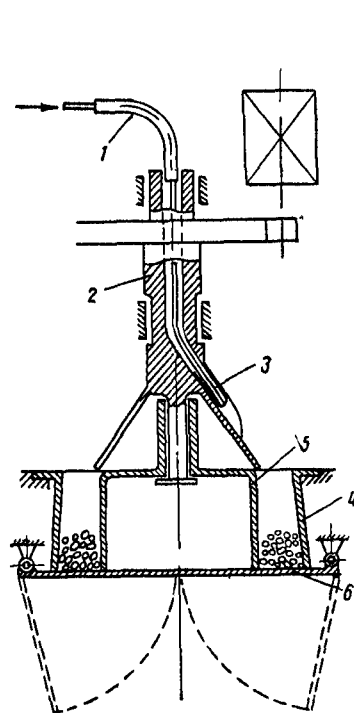


Рис. 94. Схема проволочной моталки Эденборна с осевой подачей: 1 — трубка, 2 — полый вал, 3 — спиральная трубка; 4 — кожух; 5 — барабан; 6 — створки

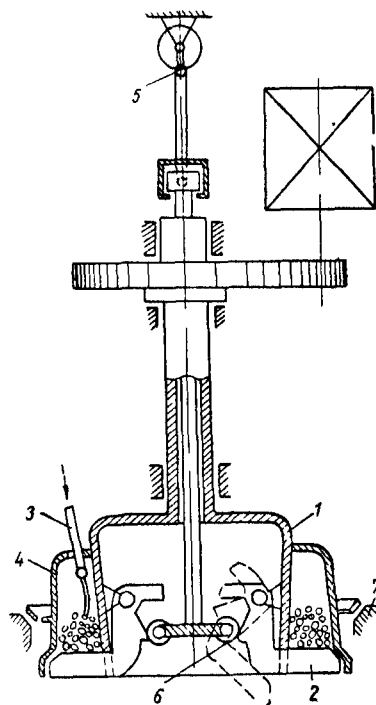


Рис. 95. Схема мелкосоротно-проволочной надпольной моталки с тангенциальной подачей. 1 — барабан; 2 — крюки; 3 — труба; 4 — кожух; 5 — кривошипный механизм; 6 — роликовая траверса; 7 — конусное гнездо

Холодильники и транспортеры

Холодильник — служит для охлаждения металла после прокатки при одновременном его транспортировании

Как правило, направление движения металла на холодильнике перпендикулярно направлению движения металла из стана.

Холодильники и транспортеры для сортопрокатных цехов изготавливают следующих типов:

1. Канатные шлепперы применяются как холодильники и транспортеры для крупносортного металла (рис. 96). Ширина шлепперных транспортеров до 25 м, скорость движения 1 м/мин. Возможно реверсивное движение.

2. Цепные шлепперы применяются как холодильники и транспортеры для крупносортного металла, блюмсов и заготовки. Различаются цепи трех видов: с жестким креплением, с наклоняющимися вперед захватками и падающими захватками

Цепи с жесткими захватками применяются в холодильниках для крупносортного металла. Захватки укрепляются на цепях с определенным шагом. Недостаток этой конструкции — невозможность свободного скопления полос в любом месте холодильника

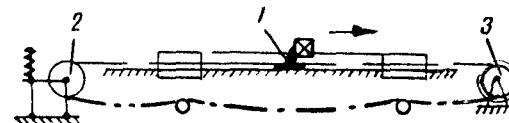


Рис. 96. Схема канатного шлепперного транспортера: 1 — шлепперные тележки; 2 — блоки; 3 — барабаны

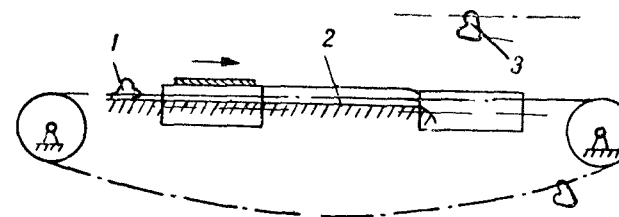
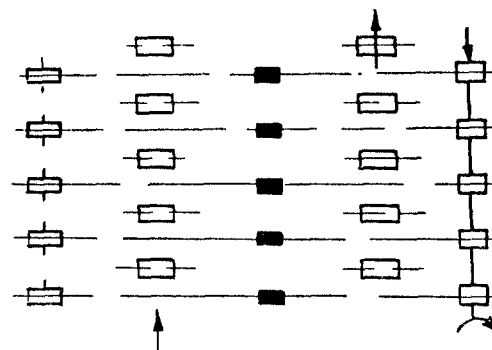


Рис. 97. Схема цепного шлепперного транспортера с падающими захватками.

1 — захватки; 2 — дорожка; 3 — положение захватки в конце дорожки

Цепи с наклоняющимися вперед захватками применяются для передачи горячих блюмов.

Цепи с падающими захватками показаны на рис. 97.

Основные размеры холодильников

Длина холодильников принимается по максимальной длине полосы:

Тип стана	Длина холодильника, м
Рельсобалочные, крупносортовые и среднесортные станы	Не более 33—36
Среднесортные и мелкосортные станы 300—350	60—110
Мелкосортные станы 225—300 (с летучими ножницами перед холодильником)	100—150

Ширина холодильника определяется исходя из производительности стана и времени охлаждения металла.

Путь охлаждения металла определяется по формуле

$$S = \frac{Q}{g} \cdot at \text{ м}, \quad (67)$$

где Q — максимальная часовая производительность стана;

a — расстояние между полосами;

g — вес одной полосы, т;

t — время охлаждения, часы.

Время охлаждения металла после прокатки определяется по формуле

$$t = \frac{g}{F \cdot 1000} \cdot t_0, \quad (68)$$

где F — поверхность полосы, м²;

t_0 — время охлаждения 1 кг прокатного изделия с поверхностью 1 м², час.

ТАБЛИЦА 29

Толщина изделия, мм	Скорость потока воздуха, м/сек	Время охлаждения, час	
		до 100° С	до 50° С
20	0	0,012	0,018
	2	0,007	0,010
50	0	0,013	0,021
	2	0,009	0,013
100	0	0,015	0,022
	2	0,011	0,016

Время охлаждения t_0 при скорости потока воздуха до 2 м/сек, изделия весом 1 кг и площади теплоотдающей поверхности в 1 м² приведено в табл. 29.

Соединительные шпиндели и муфты

Шпиндели

Соединительные шпиндели передают вращение от шестеренной клетки или электродвигателя рабочим клетям стана, а также от одной клетки стана к другой.

Шпиндели делятся на два типа: универсальные и треновые.

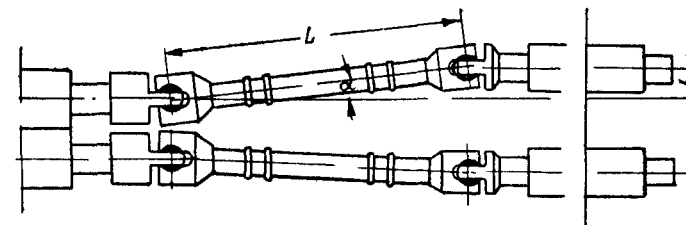


Рис. 98. Схема расположения универсальных шпинделей

Универсальные шпиндели применяются, когда необходимо передавать вращение под большим углом (8—10°) между осью шпинделя и осями валков (рис. 98).

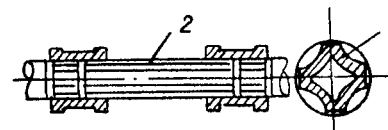


Рис. 99 Треновый шпиндель (1) и муфты (2)

Область применения: блюминги, заготовочные, сортовые и др. станы.

Длина универсального шпинделя определяется из уравнения

$$L_{\text{шп}} = \frac{h}{\operatorname{tg} \alpha}, \quad (69)$$

где h — необходимое максимальное расстояние между осью валка и осью ведущего вала;

α — допустимый угол наклона.

Треновые шпиндели применяются при небольших изменениях расстояния между осями валков — при угле наклона шпинделя 1—2° (рис. 99).

Минимальная длина тренового шпинделя определяется из уравнения

$$L_{\text{шп}} = 2l_{\text{м}} + (40 - 80), \quad (70)$$

где $l_{\text{м}}$ — длина муфты, мм;

40—80 мм — зазор, необходимый для ввода троса подъемного крана.

Между муфтой и шпинделем предусматривается зазор, равный
 $\Delta = 0,0015d_1$,

где d_1 — наружный диаметр тrefа

Шпиндели при диаметре валков более 450—500 мм уравниваются при незначительном перемещении (менее 50—100 мм) пружинами, при значительном перемещении грузовым или гидравлическим способом.

Муфты

В главной линии прокатного стана применяются муфты, служащие для соединения линии стана с валом двигателя или валом редуктора.

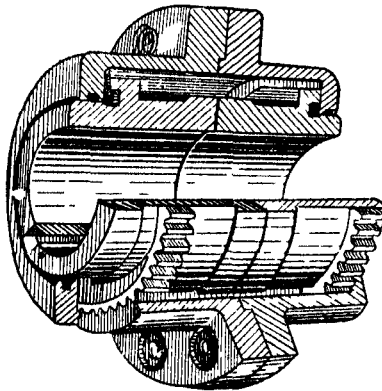


Рис 100 Зубчатая соединительная муфта

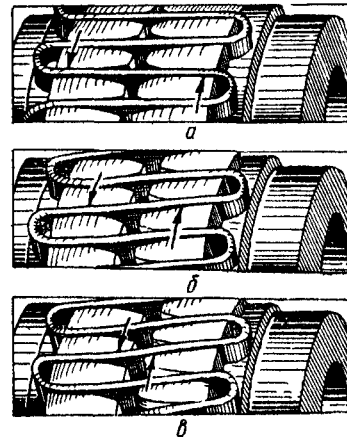


Рис 101 Пружинная муфта
Нагрузка растет от а к в

Типы муфт зубчатые — наиболее распространены, так как компактны, не требуют расхода цветных металлов, просты в изготовлении и обладают компенсирующими свойствами (рис 100), пружинные — упругие и компенсирующие (рис 101), более сложные в изготовлении и поэтому вытесняются зубчатыми муфтами, глухие (фланцевого типа) применяются только при больших расстояниях между двигателем и станом

Шестеренные клетки и редукторы

Для привода валков применяются зубчатые передачи трех типов: шестеренные клетки, редукторы, групповые редукторы

Шестеренные клетки применяются на сортопрокатных станах дуо, трио и двойное дуо, изготавливаются обычно из стали марки 45

Основные параметры зубчатых зацеплений шестеренных клеток принимаются по ГОСТ 3705—56

Шестеренные валки состоят из трех частей: шестерни с шевронным зубом, шеек, лежащих в подшипниках, и тrefов

В шестеренных клетях дуо приводным является обычно нижний валок, в клетях трио — средний

Диаметр начальной окружности шестерен определяется в зависимости от диаметра рабочих валков. Для станов с незначительным изменением расстояния между валками

$$d_0 = \frac{D_n + D_c}{2}, \quad (71)$$

где D_n и D_c — диаметры нового и старого (максимально переточенного) валков.

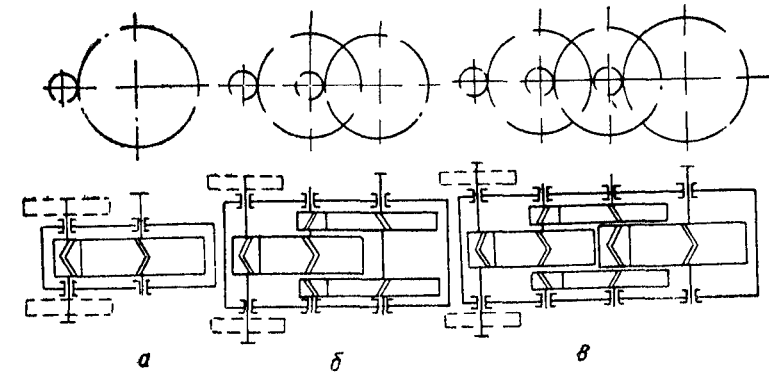


Рис 102 Кинематические схемы редукторов
а — одноступенчатый, б — двухступенчатый, в — трехступенчатый

Ширину шестерни определяют в зависимости от диаметра начальной окружности

Диаметр начальной окружности шестерен d_0 , мм	240—300	300—400	400—600	600—900	900—1300
Ширина шестерен	$(2,2—2,8)d_0$	$(1,8—2,5)d_0$	$(1,5—2,5)d_0$	$(1,3—2,2)d_0$	$(1,3—1,6)d_0$

Длина шеек определяется по формуле $l \approx (1,4—1,6)d_{ш}$, где $d_{ш}$ — диаметр шеек. $(0,55—0,65)d_0$

Редукторы (рис 102) применяются при числе оборотов валков менее 200—250 в минуту: одноступенчатые (наиболее часто) при 200—250 об/мин, двухступенчатые (наиболее часто) при 40—50 об/мин, трехступенчатые (наиболее часто) при 10—15 об/мин

Для редукторов применяются обычно зубчатые колеса с шевронным зубом. Материал редукторов — ковкая сталь марки Ст6 (для редукторов средних размеров)

Групповые редукторы служат для передачи движения нескольким линиям сортового стана.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОКАТКИ

Автоматизация предусматривает такую механизацию процесса, при которой за человеком остается только контроль за работой механизмов. Автоматизация обеспечивает устранение физического труда, позволяет улучшить качество продукции и повысить производительность.

Автоматизация возможна, если соблюдаются следующие условия:

1. Стандартность технологического процесса. Материал изделия должен быть постоянным по качеству, изделие должно иметь минимальные отклонения по размерам.

Отдельные операции в технологическом процессе должны быть по времени рассчитаны таким образом, чтобы пропускная способность оборудования на отдельных участках технологического процесса была одинаковой (темп). Для этой цели обычно разрабатывается так называемый график Адамецкого, в котором показано расчетное время работы отдельных механизмов, последовательность технологических операций и паузы между отдельными операциями.

Пропускная способность оборудования (темп прокатки) определяется основным агрегатом — прокатным станом. Все остальные механизмы должны укладываться в это время: «узких» мест в работе поточной линии не должно быть.

Таким образом, для разработки технологического процесса прокатки необходимо: а) разложить технологический процесс прокатки на отдельные операции; б) установить последовательность операций и составить график работы; в) скорректировать технологический процесс исходя из размеров продукции; г) разработать систему контроля проката в процессе его производства.

2. Предварительная механизация всех операций технологического процесса, подвергающегося автоматизации, с условием, что управление механизмами должно быть дистанционным.

В настоящее время в прокатных цехах механизированы операции основной линии прокатки и не механизированы или мало механизированы операции отделки и упаковки продукции. Во вновь проектируемых цехах предусматривают непрерывные линии правки, зачистки и маркировки.

3. Предварительная автоматизация отдельных узлов и поточных линий прокатных цехов.

Существуют следующие возможности осуществления автоматизации.

1. Автоматизация в зависимости от положения прокатываемого металла. В этом случае находящийся на рольганге слиток (или за-

готовка) воздействует на фотореле или механический флажок, которые подают команду на включение приемного рольганга; слиток после перемещения по рольгангу действует на следующий датчик и т. д.

2. Автоматизация в зависимости от положения механизмов. В этом случае, например, под влиянием силы тяжести происходит перемещение механизма, который в свою очередь, воздействуя на датчик, производит перемещение слитка или заготовки.

3. Программное управление. В этом случае механизм работает по заранее набранной программе (например, резка заготовки на ножницах на определенную длину, обжатие металла в несколько пропусков с постоянными обжатиями в каждом пропуске).

4. Смешанные системы управления. В поточных линиях в этом случае может осуществляться автоматизация процесса в зависимости от положения металла, положения механизма или программирования технологических операций.

Основные приборы автоматического управления

Для систем автоматизации наиболее широко применяются фотоэлементы, фотореле, флажковые выключатели, реле времени и т. д.

Фотоэлемент

Принцип действия фотоэлемента основан на преобразовании энергии светового потока в электрическую энергию.

В центре вакуумной стеклянной колбы фотоэлемента находится анод в виде кольца, на который подается положительный потенциал от источника питания (рис. 103).

Катодом является металлическая пленка, нанесенная изнутри на поверхность колбы. Катод соединен с отрицательным полюсом источника питания. При освещении с поверхности катода выбиваются электроны, которые устремляются к положительно заряженному аноду, создавая во внешней цепи электрический ток, измеряемый миллионными долями ампера. При удалении источника света ток в цепи фотоэлемента исчезает.

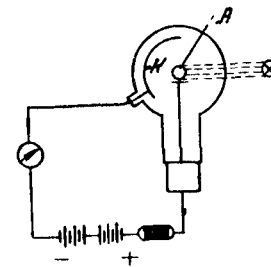


Рис. 103. Схема фотоэлемента

Фотореле

Так как в фотоэлементе возникает очень небольшой ток (микро-ток), то для его усиления применяются электронные лампы. Прибор, в котором фотоэлемент соединен с электронной лампой, называется фотореле.

Флажковый выключатель (флажок)

Флажковый выключатель (рис. 104) состоит из металлического флажка, закрепленного на валике, установленном в подшипниках.

Один конец валика соединен с путевым выключателем. Флажок устанавливается на пути движения металла, например над рольгангом. Проходящая по рольгангу полоса металла своим передним концом отклоняет флажок, при этом валик повернется на определенный угол и путевой выключатель даст импульс в схему автоматики.

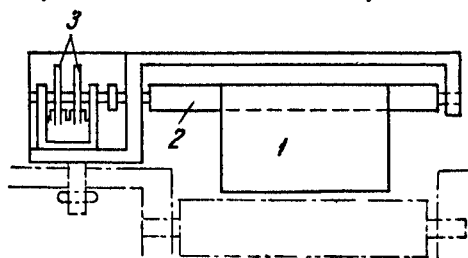


Рис. 104. Схема флажкового выключателя:
1 — флажок; 2 — валик; 3 — путевой выключатель

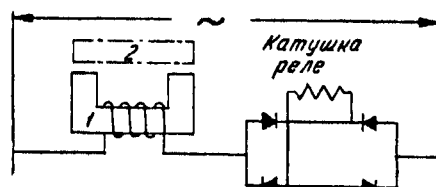


Рис. 105. Схема индукционного выключателя:
1 — электромагнит, 2 — якорь

Индукционный выключатель (рис. 105) применяется в случаях, когда исполнительный механизм или металл имеют большую скорость движения и применение флажка конструктивно затруднительно. Индукционный выключатель устроен в виде электромагнита с разомкнутым якорем. Последовательно с электромагнитом включена катушка реле с небольшим сопротивлением. При разомкнутом электромагните якорь не соприкасается с магнитом, и через реле протекает ток. Если внешним воздействием якорь соединить с магнитом, то индуктивное сопротивление электромагнита увеличивается; ток, протекающий через катушку реле, уменьшится, и реле сработает.

Якорем является стальная пластинка, укрепленная на движущем механизме. При движении механизма пластинка проходит близко к электромагниту, замыкает цепь и увеличивает сопротивление в цепи реле.

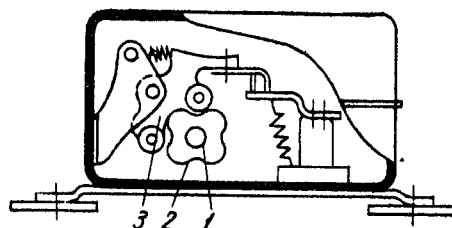


Рис. 106. Схема конечного выключателя:
1 — валик; 2 — кулачковые шайбы; 3 — контактный рычаг

Конечный (путевой) выключатель (рис. 106) имеет штампованный корпус, в котором помещен валик, с закрепленными

на нем кулачковыми шайбами и роликами контактного рычага. Валик поворачивается при помощи рычажка, закрепленного на его конце; при этом кулачок набегае на ролик, отклоняет контактный рычаг и размыкает электроцепь, питающую управление двигателем привода исполнительного механизма.

Реле времени

Реле времени (рис. 107) обеспечивает определенную выдержку во времени после получения импульса от какого-либо датчика.

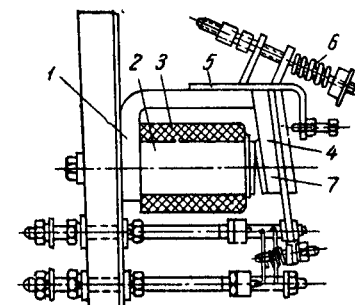


Рис. 107. Реле времени:
1 — угольник; 2 — круглый сердечник; 3 — катушка; 4 — якорь; 5 — опора; 6 — пружина; 7 — немагнитная прокладка

Электромагнитное реле состоит из угольника, круглого сердечника, катушки, насаженной на сердечник, якоря, качающегося на опоре под действием пружины; к якорю крепится немагнитная прокладка, ограничивающая зазор между якорем и сердечником. При размыкании сердечника магнитный поток в катушке и якорю постепенно снижается и исчезает на некоторое время. При этом под действием пружины якорь отпадает от сердечника только тогда, когда усилие пружины окажется больше, чем сила притяжения электромагнита с катушкой. Таким образом, время размыкания якоря можно регулировать.

Примеры автоматизации механизмов прокатных станов

Автоматическое управление рольгангами

Автоматика применяется для включения электродвигателей привода роликов рольганга при подходе к рольгангу. За клетью стана

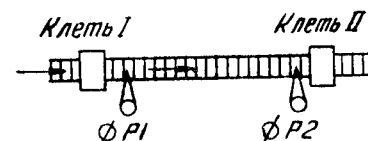


Рис. 108. Схема автоматического управления рольгангами

(рис. 108) установлено фотореле (ФР1). Остановка рольганга производится после того, как полоса прошла плоскость второго фотореле (ФР2).

Автоматическое управление шлеппером

Шлеппер передает металл с рольганга первой клетки на рольганг второй клетки (рис. 109).

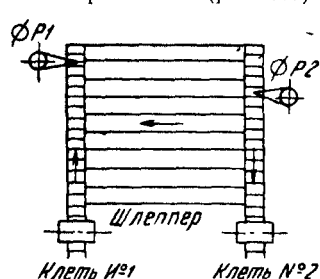


Рис. 109. Схема автоматического управления шлепперами

При подходе полосы от первой клетки к фотореле ФР1 включается двигатель шлепперов, и полоса передается на второй рольганг. При этом срабатывает фотореле ФР2, и двигатель шлепперов выключается. Автоматическое управление кантователями. На мелкосортных и среднесортных станах последовательного типа между клетями установлены кантующие втулки, которые поворачивают полосу на 90° при высокой скорости ее движения. Перед кантователем устанавливается фотореле (ФР1), а после него — фотореле (ФР2). Первое реле дает импульс на пуск двигателя поворота кантующей втулки, а второе — на остановку его.

Автоматический регулятор темпа

Назначение регулятора — автоматическое поддержание заданного оптимального темпа прокатки. Регулятор темпа обеспечивает, например, подачу заготовки от печи к мелкосортному стану (рис. 110).

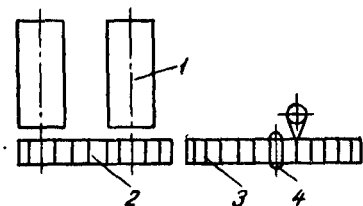


Рис. 110. Схема установки регулятора темпа:
1 — печи; 2 — печной рольганг;
3 — рольганг; 4 — рабочая клеть

После включения регулятора темпа первая заготовка от одной из печей, поданная печным рольгангом, принимается на рольганг перед первой клетью. Появление переднего конца заготовки в поле зрения фотозлемента (Ф1), установленного за первой клетью, вызывает автоматическую остановку рольганга, на который уже подана следующая заготовка. Через определенный промежуток времени, определяемый на реле времени, включается двигатель рольганга и в клеть задается вторая заготовка.

ВИДЫ БРАКА

ПРИ ПРОКАТКЕ И ПУТИ ЕГО УМЕНЬШЕНИЯ

Неправильный профиль

Качество сортового проката прежде всего оценивается по результатам измерений поперечного сечения в сравнении с допускаемыми отклонениями на данный размер, предусмотренными действующими ГОСТами.

Нарушения правильности профиля сортового и фасонного проката могут быть весьма разнообразны. Основные виды неправильности профиля, причины их возникновения и способы устранения перечислены в табл. 30.

ТАБЛИЦА 30

Основные виды неправильности профиля	Причины и способы устранения дефекта
Круглый профиль; вертикальный диаметр больше требуемого	Увеличенный разъем валков чистового калибра. Нужно уменьшить разъем валков; если в этом случае обнаруживаются заусенцы, необходимо уменьшить количество металла, поступающего в чистовой калибр (круг) из чистового овала. Пониженная температура металла, поступающего в чистовой калибр
Горизонтальный диаметр меньше требуемого	Металла не хватает на «бока» профиля. Нужно «добавить железа»; при этом, если у овала углы острые, нужно раздвигать валки чистового овала, если тупые, нужно «добавлять железо» из калибра, предшествующего чистовому овалу, т. е. из квадрата (при калибровке квадрат — овал — круг). Разогрев шеек валков и, следовательно, уменьшение разбега между валками

Продолжение табл. 30

Основные виды неправильности профиля	Причины и способы устранения дефекта
Вертикальный диаметр, больше, а горизонтальный меньше требуемого	Разъем валков велик, и поступающего из чистового овала металла недостаточно. Нужно сблизить валки (уменьшить разъем). Если это не помогает необходимо «добавить железа» из чистового овала
Вертикальный диаметр меньше требуемого	Разъем валков меньше нормального. Нужно увеличить разъем; если после этого горизонтальный диаметр уменьшится, «прибавляют железа». Повышенная температура конца прокатки. В этих условиях прокатки валки расходятся на величину меньшую, чем при нормальной температуре прокатки. Необходимо добиться нормальной температуры нагрева заготовки или несколько снизить темп прокатки
Овальность одного бока	Вводные проводки (пропуска) перед чистовым калибром несколько сдвинуты в одну сторону от центрального положения. Необходимо поставить проводки правильно. Если после этого овальность одного бока не исчезает, а только уменьшается и появляется такая же овальность («плоскота») на другом боку, необходимо «прибавить железа» в чистовом овале
Заусенцы («рубчики») на обоих боках	Необходимо «убавить железа» в чистовом овале или повысить температуру нагрева металла
Заусенец на одном боку при овальности другого бока	Передние проводки сдвинуты вправо. Необходимо правильно поставить пропуска, т. е. передвинуть коробку с пропусками в противоположную сторону (в данном случае — влево)

Продолжение табл. 30

Основные виды неправильности профиля	Причины и способы устранения дефекта
Заусенец на одном боку	Излишек металла, поступающего из чистового овала. Коробка с пропусками перед чистовым калибром сдвинута несколько в сторону. Необходимо «убавить железа» в овале и правильно поставить проводковую коробку перед чистовым калибром
Уступы на обоих боках	Смещение в осевом направлении верхнего и нижнего валков относительно друг друга. Требуется правильное положение валков относительно оси калибра
Уступ на одном боку при кажущейся правильности другого бока	Необходимо правильно поставить верхний и нижний валки, а также поместить проводковую коробку, чтобы пропуски приходились против калибра
Притупленные верх и низ	Углы чистового овала слишком тупы, что требует увеличения «железа» в предчистовом квадрате. Повышенная температура металла
Квадратный профиль; невыполненные углы по горизонтальной и вертикальной диагоналям профиля	Недостаток металла чистового ромба. Нужно добиться получения чистового ромба с заполненными углами. Повышенная температура прокатываемой полосы
Заусенцы	Излишек металла, поступающего из чистового ромба. Понижение температуры полосы

Продолжение табл. 30

Основные виды неправильности профиля	Причины и способы устранения дефекта
Неровные стороны квадрата	Сдвиг валков в чистовом калибре один относительно другого в осевом направлении. Необходимо настроить чистовую клеть
Неравные стороны и одновременно уступы («рубчики») на двух противоположных углах	Настроить чистовую клеть и «убавить железо» в чистовом ромбе. Повысить температуру до нормальной
Прямоугольный (полосовой) профиль; тупые (закругленные) углы	Недостаточная ширина полосы, поступающей в ребровой калибр. Требуется увеличить сечение исходного квадрата
Выпуклые (закругленные) кромки	Прокатка в чистовом проходе полосы с прямыми кромками. Дно ребрового калибра должно быть вогнутым. Чрезмерно большое давление в чистовом проходе. Нужно довести обжатие до нормального. Значительная выработка верхнего и нижнего дна ребрового калибра. Необходимо своевременно менять ребровые калибры
Косой профиль (с косыми боками)	Прокатка косой квадратной заготовки. Скошенное сечение в предыдущем ребровом калибре. Неправильная установка проводок перед ребровым калибром: проводки поставлены слишком свободно или коробка стоит несколько косо, что получается, когда брус для проводковой коробки установлен не горизонтально

Продолжение табл. 30

Основные виды неправильности профиля	Причины и способы устранения дефекта
Тупые (невыполненные) углы, лежащие по диагонали сечения полосы	Косая ромбическая заготовка, дающая косой промежуточный (перед ребровым калибром) профиль. Нужно проверить ромбический калибр
Разная толщина кромок полосового профиля	Неправильная установка валков чистовой клетки (непараллельность осей)
Утолщение в средней части полосового профиля	Нужно сначала прокатывать более широкий профиль, а затем более узкий, но не наоборот
Угловой профиль толщина полок меньше или больше требуемой	Неправильная установка верхнего вала в вертикальном направлении
Одна полка толще, а другая тоньше требуемой	Неправильная установка валков один относительно другого в осевом направлении
Заусенцы на кромках	Сближение валков больше нормального. Излишек металла, поступающего из предчистового калибра. Излишне большая ширина полок в предчистовом калибре; устранить это можно если при переточке валков предчистового калибра уменьшить на 1—2 мм толщину полок на концах этого калибра или же увеличить у верхнего вала радиус закругления на концах калибра

Искривление полос по длине

Искривление полос по длине может быть весьма разнообразным. Все виды исправлений полос и способы устранения этого дефекта перечислены в табл. 31.

Неудовлетворительная форма концов полос

Как правило, передний и задний концы полосы, выходящей из последнего калибра, отрезаются. В результате неправильной резки штанги могут браковаться из-за косого реза смятых кромок на торце, заусенцев на торце, расслоения на конце, загиба конца полосы.

Все виды дефектов металла в результате резки и способы их устранения перечислены в табл. 32.

Неточность размеров

Для каждого размера профиля устанавливаются действующими ГОСТами допускаемые отклонения от номинального размера по сечению и длине. Если фактические отклонения превышают в ту или иную сторону установленные нормы, прокатные изделия бракуются. Точность прокатки зависит в основном от состояния и конструкции прокатного оборудования, от условий технологического процесса прокатки и, наконец, от условий нагрева металла и термического режима прокатки. Факторы, влияющие на точность прокатки, указаны в табл. 33.

Наружные нарушения цельности металла

Наружные нарушения цельности металла могут быть отнесены к двум группам:

1. Дефекты металлургического происхождения.
2. Дефекты прокатного происхождения.

Все виды дефектов обеих категорий, причины их образования и мероприятия, предупреждающие их образование, перечислены в табл. 34.

Внутренние нарушения цельности металла

Под внутренними нарушениями цельности металла имеются в виду такие дефекты, как волосовины, обнаруженные в поперечном или продольном изломе, а также на макрошлифах, особенно после травления, а также и сравнительно крупные разрывы внутри сечения прокатных изделий, происходящие в основном под влиянием сил растяжения чисто механического происхождения. Дефекты, обнаруженные внутри металла методом контроля на излом или ультразвуком, перечислены в табл. 35, в которой указаны и методы устранения этого вида брака.

Дефекты поверхности

В отдельных случаях прокатная продукция бракуется по следующим поверхностным дефектам: окалина, рябизна, плена, царапины (риски), шлак (мартеновская земля, песочины, печная земля и др.).

ТАБЛИЦА 31

Основные виды искривления полос по длине	Причины дефекта	Способы устранения
Серповидность	<p>Неодинаковая величина обжатия боковых кромок.</p> <p>Непараллельность осей валков; клиновидность сечения полосы, задаваемой в валки.</p> <p>Неравномерный нагрев противоположных сторон исходного металла.</p> <p>Неправильная установка проводок или линеек.</p> <p>Разогрев шеек валков с одной стороны.</p> <p>Не строго цилиндрическая форма бочек валков.</p> <p>Неодинаковое относительное обжатие в правой и левой половинах полос (недостаток калибровки).</p> <p>Несимметричность профиля.</p> <p>Неравномерность остывания полос после прокатки</p>	<p>Устранение кривизны по длине прокатанного металла достигается правкой его либо в горячем, либо в холодном состоянии.</p> <p>Для правки в горячем состоянии станы оборудуются холодильниками весьма сложной конструкции, занимающими большую площадь цеха. В современных прокатных цехах профильный прокат среднего и крупного сечения правится в холодном состоянии на роликовых правильных машинах и в некоторых случаях посредством штемпельных правильных прессов (штемпельная правка)</p>
Скручивание полос	<p>Неправильное положение валков (сдвиг верхнего валка относительно нижнего в осевом направлении), оси верхнего и нижнего валков не лежат в одной вертикальной плоскости, т. е. скрещиваются; не параллельность осей валков при одновременном скрещивании их.</p> <p>Неправильная установка пропусков (вводных проводок).</p> <p>Неправильное положение выводных проводок.</p> <p>Тесно установленные задние проводки</p>	

ТАБЛИЦА 32

Наименование дефектов	Причины и способы устранения дефектов
Косой срез	Неперпендикулярность полос по отношению к плоскости ножей или диска пилы. Необходимо применение специальных устройств, обеспечивающих правильное направление полос к ножам
Смятие кромок на торце	Резка тупыми или выщербленными ножами. Необходима проверка ножей, контроль за их установкой, смазка ножей. Резка металла в горячем состоянии. Необходимо подстуживание разрезаемого металла
Заусенцы на торце	Плохая настройка ножей, притупление ножей
Расслоения на конце	Прокатка профиля из заготовки, соответствующей нижней части слитка, отрезанной по длине меньше требуемой нормы. То же самое, если при резке заготовки от прибыли не полностью отделена усадочная раковина. Нужно строго соблюдать инструкцию по раскрою слитка и заготовки
Загиб конца полосы	Неправильная настройка ножниц; пониженная температура металла при резке; резка тупыми ножами; конструкция ножниц не предусматривает автоматического прижима полосы с задней стороны ножей

ТАБЛИЦА 33

Основные показатели прокатного производства	Наименование факторов
Конструкция прокатного оборудования	Система прокатного стана; тип и конструкция рабочих клеток; тип и конструкция чистовой клетки; тип и жесткость конструкции станин; длина бочки валков в чистовой клетке; система подшипников; система регулировки валков и настройка стана; конструкция отдельных деталей клеток и конструкция арматуры; степень совершенства изготовления станин стана, их деталей и арматуры; точность сборки клеток; качество прокатных валков (твердость, износоустойчивость, точность отделки поверхности калибров и бочек, частота переточек, правильность обточки бочек и шеек), тщательность ухода за станом и нагревательными печами; точность измерительных приборов и шаблонов
Технологический процесс	Способ прокатки; система и рациональное построение калибровки, режим обжатий; контроль качества настройки стана; длина прокатываемых полос; скорость прокатки; равномерность темпа выдачи металла из печей или колодцев, перерывы в выдаче; равномерность темпа работы стана; своевременная смена валков с выработанными калибрами; тщательный контроль размеров (с частым отбором проб); обслуживающий персонал
Нагрев металла и термический режим	Температура нагрева металла перед прокаткой; степень равномерности нагрева металла; падение температуры металла во время прокатки; температура конца прокатки

Примечание. Повышение точности размеров прокатанного металла связано с экономией металла. В этом отношении основное значение имеет снижение плюсовых допусков.

ТАБЛИЦА 34

Вид дефекта	Причина образования	Меры предупреждения дефекта	Способ исправления образовавшегося брака
Наружные дефекты металлургического происхождения Поперечные рванины	Пониженная пластичность металла плавки (плохая раскисленность, повышенное содержание вредных примесей и др.)	Усовершенствование технологии выплавки. Прокатка слитков в два передела с тщательной зачисткой промежуточной заготовки. Ковка слитков на заготовку с подстуживанием и прокатка заготовки на чистый сорт	Тщательная зачистка дефектов в адьюстаже
Продольные трещины на отдельных заготовках	Продольные трещины на отдельных слитках, не удаленные перед прокаткой	Усовершенствование технологии разливки. Удаление образовавшихся продольных трещин слитков перед прокаткой	То же
Наружные дефекты прокатного происхождения Складки и морщины	Несовременная калибровка. Слабое обжатие центральных слоев заготовки. Применение плоского овала для круглого профиля калибра при низкой температуре прокатки и др.	Усовершенствование калибровки. Применять более полные овалы, реже применять систему углов. Квадрат и квадрат с острыми углами. Не прокатывать при пониженной температуре	Удаление дефектов вырубкой или абразивными кругами
Закаты	Образуются в результате закатывания уса или заусенца	Создание правильной калибровки и правильной настройки стана. Применение заготовки, исключаящей образование уса, правильная	Зачистка или перекат на меньшие размеры

Продолжение табл. 34

Вид дефекта	Причины образования	Меры предупреждения дефекта	Способ исправления образовавшегося брака
Свертывание	Неправильная задача в калибр полосы. Неравномерный нагрев слитка или заготовки.	задача полосы и др. Систематическая проверка образцов на осадку	Переплав
Грубые сплошные рванины	Пережог металла	Автоматическое регулирование температуры нагревательных печей	То же
Грубые поперечные разрывы на поверхности отдельных слитков или заготовок	Перегрев металла	Понижение температуры печи до нормальной	Удаление поверхностных дефектов и перекат на меньшие размеры
Закалочные трещины	Недостаточно замедленное охлаждение	Замедленное охлаждение для горячекатаного металла или применение специальной умягчающей термообработки	Переплав
«Скворечники» (крупные разрывы, идущие от поверхности внутрь)	Быстрый нагрев слитков, особенно легированных	Уменьшить скорость нагрева слитков	То же

Примечание. В отдельных случаях на металле при прокатке могут образоваться рванины по ребрам ввиду их быстрого остывания и по углам из-за увеличенных обжатий, а при прокатке малопластичного металла рванины могут образоваться из-за формы калибра со свободным уширением.

ТАБЛИЦА 35

Вид дефекта	Причина образования	Меры предупреждения дефекта	Способ исправления образовавшегося брака
Внутренние дефекты металургического происхождения. Усадочная рыхлость, грубая пористость	Недостаточный объем прибыльной части слитка. Высокая температура разлива. Неполное удаление прибыльной части слитка при резке проката	Разливка с полной прибыльной частью слитков. Разливка стали при нормальной температуре. Доливка прибыльных частей. Полное удаление прибыльной части слитка при прокатке	Переплав
Волосовины и свищи по всему сечению	Повышенная газонасыщенность металла. Повышенное содержание неметаллических включений	Дегазация металла перед выпуском из печи. Уменьшение включений, получение плотного слитка	То же
Внутренние дефекты прокатного происхождения. Внутренние поперечные разрывы	Внутренние продольные растягивающие напряжения; в круглых калибрах, такой дефект образуется чаще, чем в квадратных, ромбических и др.	Применение повышенных обжатий. Металл перед прокаткой не перегревать; не катать недогретый металл и не пользоваться калибровкой	Перекатать на меньшие размеры

Продолжение табл. 35

Вид дефекта	Причина образования	Меры предупреждения дефекта	Способ исправления образовавшегося брака
Флокены	Перегрев или недогрев металла облегчают образование поперечных разрывов	Круг — круг для прокатки крупных сечений	Перекатать на меньшие размеры
	Повышенное содержание водорода в стали, недостаточно медленное охлаждение после прокатки стали, склонной к образованию флокенов	Получение стали с минимальным содержанием водорода. Медленное охлаждение после прокатки стали или применение специальной термообработки, способствующей быстрой диффузии водорода из стали	То же
Внутренние концентрические или поперечные трещины в крупном сорте хрупких высокохромистых сплавов типа X25Ю5	Внутренние растягивающие напряжения при недостаточном замедленном охлаждении металла после прокатки	Замедленное охлаждение крупного сорта	Перекатать на мелкий сорт с удалением дефектных частей

ТАБЛИЦА 36

Вид дефекта	Причины образования	Меры предупреждения дефекта	Способ исправления образовавшегося дефекта
Рязина	Вдавленная окалина	Полное удаление грубой окалины с поверхности слитка или заготовки. Нагрев металла в защитной атмосфере. Применение индукционного нагрева	Зачистка или перекаат на меньшие размеры
Плена	Плены или заливы на поверхности слитков, не удаленные перед прокаткой	Улучшение качества поверхности слитков. Тщательное удаление плен перед прокаткой	То же
Риски	Неудовлетворительное состояние арматуры и поверхности калибра	Применение роликовой арматуры. Периодический контроль качества поверхности калибра	Зачистка дефектов абразивными кругами
Шлак (неметаллические включения на поверхности металла)	Механическое загрязнение стали при выпуске ее и разливке по изложницам	Выдержка жидкой стали в ковше перед разливкой. Использование более огнеупорных материалов для футеровки желоба, ковша, слитков фона	Зачистка местных дефектов или вырубка

Продолжение табл. 36

Вид дефекта	Причины образования	Меры предупреждения дефекта	Способ исправления образовавшегося дефекта
«Печная земля»	Попадание и прилипание на верхнюю сторону слитка или заготовки продуктов оплавления свода, стенок нагревательной печи	Использование более огнеупорных кирпичей для стен свода и пода нагревательной печи. Систематический контроль за состоянием кладки печи	То же
Периодические возвышения на поверхности металла	Прокатка в калибрах с выкрошенной поверхностью	Тщательный контроль за состоянием поверхности калибра	Зачистка дефектов абразивными камнями
Впадины на поверхности металла	Отпечатки от приварившихся к валам частиц металла и других материалов	Следить за поверхностью валков. Своевременно удалять приварившиеся тела с поверхности вала зачисткой абразивным бруском. Принимать меры, предотвращающие буксование валков. Избегать работы с металлом, имеющим на поверхности плены, окалину	То же

ТАБЛИЦА 37

Вид брака	Причины брака	Способы исправления или пути использования дефектного металла
Обезуглероживание	Выгорание углерода в поверхностных слоях проката высокоуглеродистых сталей. Необходимо нагревать быстро с минимальной температурой нагрева в защитной атмосфере	Перекаат на меньшие размеры или использование металла для изготовления деталей с последующей механической обработкой
Повышенная карбидная ликвация	Недостаточная продолжительность и температура нагрева слитка	Перекаат на меньшие размеры
Черный излом	Повышенное содержание кремния. Низкая температура прокатки высокоуглеродистой стали	Перекаат на меньшие размеры или использование по другим техническим условиям
Нафталин или камневидный излом	Перегрев в условиях недостаточной деформации при прокатке	Перекаат на меньшие размеры с повышенной термообработкой
Шиферный излом	Загрязнение стали неметаллическими включениями. Слишком низкая температура прокатки. Неправильный режим термообработки	Перевод в рядовую сталь. Повторная термообработка
Карбидная сетка	Высокая температура конца прокатки и малая скорость охлаждения до точки перлитного превращения	Дополнительная нормализация
Крупнозернистость	Высокая температура конца прокатки. Недостаточная степень обжатия в чистовом проходе	Для сталей с фазовыми превращениями — проведение нормализации или отжига. Для сталей без фазовых превращений — перекаат на меньшее сечение

Поверхностные дефекты недопустимы для металла, идущего на последующую горячую обработку (ковка, штамповка, прокатка). Это объясняется тем, что поверхностные дефекты считаются местами концентрации напряжений, которые при горячей обработке способствуют образованию местных рванин или трещин. Если металл предназначен для последующей холодной обработки (строжка, обточка), то поверхностные дефекты допускаются, если глубина их залегания находится в пределах минусового допуска на размер сечения. Все поверхностные дефекты, причины их образования и способы устранения перечислены в табл. 36.

*Особые специфические виды брака
для сталей и сплавов некоторых марок*

При прокатке углеродистой инструментальной стали и легированной стали специального назначения встречаются специфические виды брака, а именно: обезуглероживание, флокены, закалочные трещины, повышенная карбидная ликвация, черный излом, карбидная сетка, крупнозернистость, шиферный излом, нафталин или камневидный излом. Причины образования и способы исправления брака, а также пути использования дефектного металла указаны в табл. 37.

ТАБЛИЦА 38

Причины брака	Мероприятия по уменьшению брака
Несоответствие химическому составу	Контроль за химическим составом стали и содержанием отдельных элементов
Недоброкачественность исходного металла	Усовершенствование технологии выплавки стали
Состояние исходного металла	Установить зависимость механических свойств от состояния слитка или заготовки
Температура конца прокатки	Выбор оптимальной температуры конца прокатки
Скорость охлаждения прокатанного металла	Для увеличения относительного удлинения требуется замедленное охлаждение
Величина обжатия при последнем проходе	С увеличением обжатия предел прочности и удлинение растут
Технология изготовления образцов для испытаний	Требуется оптимальная технология изготовления образцов для испытаний

Брак по механическим свойствам прокатанного металла

Отдельные группы сталей и сплавов, особенно конструкционные, подвергаются в соответствии с требованиями ГОСТов и ТУ контролю на механические свойства путем испытания на специальных машинах. Из них наиболее распространено испытание на растяжение для определения предела прочности σ_b (кг/мм²) и относительного удлинения δ (%), иногда для определения предела текучести σ_s (кг/мм²) и относительного сужения поперечного сечения ψ (%). Для некоторых видов прокатанного металла применяется испытание на удар a_k (кг м/см²), на изгиб динамической нагрузкой («копровая проба») и др. Причины брака по механическим свойствам и меры борьбы с ним приведены в табл. 38.

Условия получения проката высокого качества

Кроме мероприятий по снижению брака, рекомендованных ранее, необходимо обратить внимание на следующие организационно-технические мероприятия:

1. Усовершенствование контроля всего технологического процесса прокатного производства.
2. Максимальная автоматизация всех технологических процессов изготовления прокатных изделий.
3. Проведение исследовательских работ центральной заводской лабораторией с целью выявления и устранения причин брака.
4. Организация связи с потребителями.
5. Организация математической обработки статистического материала.
6. Повышение технологической дисциплины и повышение квалификации рабочих.

ПОДГОТОВКА МЕТАЛЛА К ПРОКАТКЕ И ОТДЕЛКА ПРОКАТА

Мы познакомились с наиболее часто встречающимися видами дефектов на поверхности прокатных изделий. Если глубина залегания этих дефектов превышает минусовый допуск, предусмотренный ГОСТами или ТУ, прокат бракуется. Поэтому металл, имеющий поверхностные дефекты глубиной минусового допуска на размер его сечения, подвергается различным видам обработки. Удаление поверхностных дефектов со слитков, заготовки и готовых прокатных изделий производится следующими способами: строжкой на строгальных станках; обдиркой на токарных станках, вырубкой пневматическими рубильными молотками, фрезеровкой на станках специальными многолезцовыми фрезами, зачисткой абразивными кругами, огневой зачисткой.

Различают местные (расположенные на отдельных участках) и сплошные (расположенные по всей поверхности прокатных изделий) поверхностные дефекты.

Следует отметить, что такие дефекты, как мелкие трещины и волосовины, трудно обнаружить невооруженным глазом, когда они находятся под слоем окалина. Поэтому для выявления их металл подвергают травлению в кислотных или щелочных ваннах.

После травления металла и определения качества его поверхности решают вопрос о способах удаления поверхностных дефектов. При сплошной пораженности поверхности дефектами металл подлежит обработке первым, вторым и пятым способами; если обнаруживаются местные дефекты, то металл обрабатывается третьим, четвертым и пятым способами. Зачистка дефектов абразивными кругами считается целесообразной лишь в том случае, если глубина дефектов не превышает 3—5 мм, так как при большей глубине залегания дефекта, для его удаления требуется большой расход дорогостоящих абразивных кругов. При удалении дефекта абразивными кругами или пневматическими зубилами следует обращать внимание на форму места, где располагался дефект. Это место после зачистки должно иметь форму «лунки» с отношением глубины к ширине 1 : 6; при меньшем отношении в процессе дальнейшей горячей прокатки на готовом сорте в этом месте могут образовываться трещины или рванины, особенно при прокатке специальных сталей.

Иногда при шлифовке дефектов на поверхности стали образуется сетка мелких трещин, называемых шлифовочными трещинами. Шлифовальные трещины образуются на сталях, имеющих малую теплопроводность (P18, 3—4X13 и др.). Ферритные сплавы типа X25Ю5 вообще не обрабатываются абразивными кругами; поверхностные

дефекты с этих сталей удаляются пневматическими зубилами, на токарных или фрезерных станках.

Стали, склонные к образованию шлифовочных трещин, перед шлифовкой подвергают отжигу для снятия внутренних напряжений.

*Сравнительная стоимость (%) удаления
поверхностных пороков различными способами*

Вырубка рубильными пневматическими молотками	100
Вырубка машинами	60
Огневая зачистка	53
Зачистка абразивными кругами	307

Из этого следует, что зачистка абразивными кругами вручную на станках подвешного типа считается менее выгодной по сравнению с другими видами обработки. В настоящее время используют специальные шлифовальные станки и организуют поточную систему удаления поверхностных дефектов. Этот метод характеризуется большой производительностью и сравнительно низкой стоимостью удаления поверхностных дефектов.

Наиболее экономичным способом удаления поверхностных дефектов с дорогостоящего металла высоколегированных сталей и сплавов считается строжка и обдирка, так как при этом получается стружка, которую переплавляют в электропечах, тогда как при очистке абразивными кругами, мы имеем абразивную пыль, которая по стоимости значительно дешевле стружки, так как она труднее регенерируется. Подробные сведения по обработке поверхности слитков, заготовки и годного проката даются в специальной литературе.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ СОРТОПРОКАТНЫХ СТАНОВ

Общие понятия о себестоимости прокатных изделий и технико-экономических показателях

Основным качественным показателем работы сортопрокатных станов считается себестоимость одной тонны годной прокатной продукции. Чем выше производительность труда, лучше организация производства, технологическая дисциплина и совершеннее оборудование, тем дешевле стоимость прокатных изделий данного профиля, размера и марки стали.

Себестоимость одной тонны годного проката определяется по формуле

$$C = (M - m) + (T + \mathcal{E}) + P + (\mathcal{L} + O + A), \quad (72)$$

где M — стоимость металла, заданного в передел для получения одной тонны годной продукции,

m — стоимость отходов (обрубка, брак, стружка);

T — стоимость технологического топлива на одну тонну годного;

P — основная заработная плата на одну тонну годного;

\mathcal{L} — цеховые расходы (содержание служащих, инженерно-технических работников и вспомогательных рабочих; содержание и ремонт зданий и оборудования; вода, воздух, топливо, валки, электроэнергия, инструмент, освещение, канализация и др.);

\mathcal{E} — стоимость электроэнергии для двигателей станов на одну тонну годного;

O — общезаводские расходы;

A — амортизация.

Увеличение производительности прокатного стана значительно уменьшает расходы $\mathcal{L} + O + A$, а с введением механизации и автоматизации резко уменьшаются расходы по статье P . С уменьшением простоев, с увеличением коэффициента использования прокатного стана, уменьшаются расходы $T + \mathcal{E}$. Автоматизация, улучшение способов выплавки и обработки металла резко уменьшают удельный расход металла на одну тонну годного, главным образом за счет уменьшения брака, утара и обрубков, т. е. уменьшаются расходы $M - m$. Следует отметить, что при выпуске дорогостоящей стали и сплавов, стоимость металла от общей себестоимости прокатных изделий составляет 75—80%. Отсюда ясно насколько нужно быть внимательным к этой статье расходов.

ТАБЛИЦА 39

Прокатные станы	Выход годного, %	Коэффициент расхода металла	Суммарная деформация	Средний расход энергии, кВт час/т		Годовая производительность, т	Вес всего оборудования, т	Количество рабочих служащих и ИТР	Производительность в год на одного рабочего, т	Производительность в год на 1 т оборудования, т
				главные электроприводы	вспомогательные электроприводы					
650-линейный	95	1,05	20	25	10	800000	9600	680	1180	85
550-зигзагообразный				38	10	1800000	10000	470	3830	180
350-полунепрерывный	96	1,04	25	45	10	1350000	9000	370	3650	150
300-непрерывный однониточный				—	—	300000	5500	190	1060	55
300-непрерывный двухниточный	—	—	—	—	—	600000	8000	280	2140	135
480 для тонкостенных профилей				—	—	1200000	9300	340	3530	130
250	97	1,03	35	53	10	—	—	—	—	—
450				30	10	—	—	—	—	—
Рельсоболающий	90—95	1,1—1,05	12—18	30—45	—	1400000	16000	780	1795	88
Проволоочный				80	—	800000	6000	210	3810	133
Штрипсовый	—	1,04	—	50	—	1000000	5000	320	3125	200

В табл. 39, по данным М. Л. Зарошинского, приводятся технико-экономические показатели работы современных сортопрокатных станов.

Указанный расход металла на одну тонну годного относится к прокатке заготовки. При прокатке годного из слитков коэффициенты расхода металла выше тех, которые показаны в табл. 39, в особенности для спокойной стали, разливаемой в слитки с прибыльной частью, которая при прокатке отрезается полностью:

Средние потери металла на обрез и угар, %

Обрез прибыльной части слитков спокойной стали . .	15—20
» » » кипящей »	5—10
Обрез донной части слитка	2—3
При прокатке заготовки или блюма	1—1,5
Угар	1,5—3

Методы подсчета производительности основных агрегатов сортопрокатных станов

Годовая производительность или мощность стана определяется по формуле

$$P = A_{\text{ср}} \cdot N, \quad (73)$$

где P — годовая производительность стана, т;
 $A_{\text{ср}}$ — средняя производительность в фактический час, т;
 N — фактическое время работы стана, час.

Производительность стана изменяется в зависимости от профиля, размера прокатных изделий, а также от марки стали и сплавов и тех требований, которые предъявляются к готовому прокату. Поэтому при расчетах принимается средняя производительность, так называемая средневзвешенная часовая производительность:

$$A_{\text{ср}} = \frac{1}{100} (a_1 A + a_2 A_2 + \dots + a_n A_n), \quad (74)$$

где $a_1, a_2 \dots a_n$ — удельный вес размера данного профиля в валовом выпуске стали, %;

$A_1, A_2 \dots A_n$ — часовая производительность стана для данного размеропрофиля, т/час

Пример. Известно, что при прокатке из стали У12 круга диаметром 8 мм часовая производительность равна 20 т/час, и этот размер составляет 20% от валового выпуска, а при прокатке квадрата 25 × 25 мм из стали 45-часовая производительность равна 40 т/час, и этот размер составляет 80% от валового выпуска.

Средне часовая производительность стана:

$$\begin{aligned} A_{\text{ср}} &= \frac{1}{100} (a_1 A_1 + a_2 A_2 + \dots + a_n A_n) = \\ &= \frac{1}{100} (20 \cdot 20 + 80 \cdot 40) = 36 \text{ т/час.} \end{aligned}$$

Часовая производительность стана:

$$A = \frac{3600}{t_{\text{ритм}}} \cdot Q \cdot k \cdot \frac{m}{100} = 36 \frac{Q \cdot k \cdot m}{t_{\text{ритм}}}, \quad (75)$$

$t_{\text{ритм}}$ — ритм прокатки, т. е. промежуток времени, считая от момента задачи полосы в чистовую клеть до момента задачи следующей полосы в эту же клеть и тот же калибр, сек.

Q — вес слитка или заготовки, т;

k — коэффициент использования стана, $k < 1$ ($k = 0,85—0,90$);

m — выход годного, %.

Для определения ритма прокатки строится график Адамецкого (рис. 111). По горизонтали откладывают общее время прокатки, а по вертикали — номера клетей. Общее время, затрачиваемое в одном проходе, считая задачу металла в ручей откладывают по горизонтали в виде полосы, причем машинное время заштриховывают, а вспомогательное (непроизводительное) не заштриховывают.

Таким же образом отмечают время для 2-й, 3-й и n -й клетей, а затем концы полосок соединяют тонкой линией. Время, затрачиваемое на прокатку одной полосы, считая от момента задачи в 1-й калибр до момента выхода ее из последнего калибра, называется периодом прокатки $T_{\text{период}}$. Одновременно в разных клетях и ручьях могут прокатываться несколько полос. Время одновременного или параллельного выполнения операций для двух прокатываемых полос называется перекрытием.

Ритм или такт прокатки может быть определен, как разность:

$$t_{\text{ритм}} = T_{\text{период}} - t'_{\text{перекр}}. \quad (76)$$

Пример. Период прокатки $T_{\text{период}}$ одной полосы до требуемого размера равен 9 сек. Прокатка второй полосы производится с перекрытием $t'_{\text{перекр}}$, равным 5 сек. Тогда ритм или такт прокатки $t_{\text{ритм}}$ равен 4 сек.

Период прокатки определяется по формуле

$$T_{\text{период}} = t_{\text{маш}} + t_{\text{ручн}}. \quad (77)$$

Машинное время $t_{\text{маш}}$ определяют по формуле

$$t_{\text{маш}} = \frac{60 \cdot l_0}{\pi D_K n} \frac{F_0}{F_n} = 19,1 \frac{F_0 \cdot l_0}{D_K n F_n}, \quad (78)$$

где l_0 — длина заготовки или слитка, м;

D_K — рабочий диаметр валка, м;

n — число оборотов валков в минуту;

F_0 — начальное сечение заготовки или слитка, мм^2 ;

F_n — конечное сечение заготовки или слитка, мм^2 .

Ручное время $t_{\text{ручн}}$ определяется по данным хронометража.

Номинальное время работы стана определяют по формуле

$$HВ = [KB - (ВД + ПД + КР)] \text{ЧС} \cdot \text{ДС}. \quad (80)$$

$HВ$ — номинальное время, час;

KB — календарное время, сутки;

$ВД$ — выходные дни, сутки;

$ПД$ — праздничные дни, сутки;

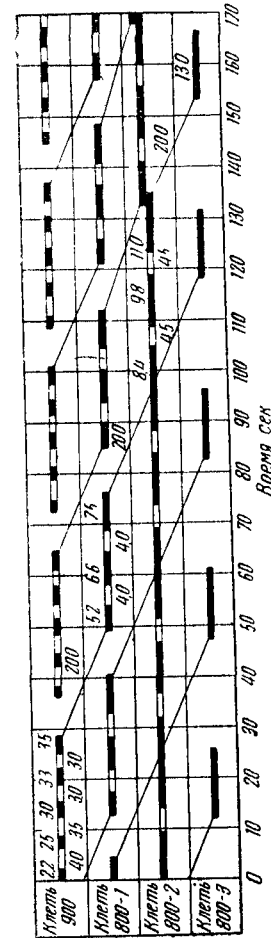


Рис. 111. График Адамецкого для рельсобалочного стана

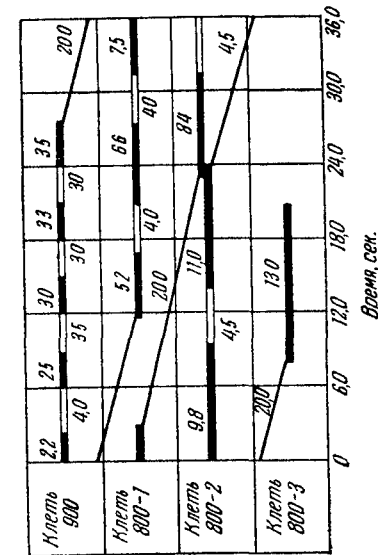


ТАБЛИЦА 40

Прокатные станы	График работы	Нерабочие дни				Номинальное время работы		Простои		Число рабочих дней в году
		праздничные и воскресные	планово-предупредительного ремонта	капитального ремонта	всего	суток в году	часов в сутки	%	часов	
Рельсобалочные	непрерывный	—	18	4	22	343	24	18	1432	6800
Крупносортовые	прерывный	58	—	4	62	303	24	18	1309	5963
Непрерывные и полунепрерывные среднесортные	То же	—	12	4	16	349	24	16	1276	7100
Непрерывные и полунепрерывные мелкосортные	» »	—	12	4	16	349	24	12	976	7400
Непрерывные проволочные	» »	—	12	4	16	349	24	10	876	7500

Примечание. По непрерывному графику нерабочие дни распределяются следующим образом: праздничные — 6, выходные — 52, капитальный ремонт — 4 суток. Планово-предупредительные ремонты производятся в выходные дни.

КР — простои на капитальный ремонт, сутки;
 ЧС — число смен работы стана в сутки;
 ДС — длительность смены, час.
 Фактическое время работы стана определяется по формуле

$$N = HB \left(1 - \frac{k}{100} \right), \quad (81)$$

где k — простои стана — непродолжительные перерывы в работе прокатного стана в номинальное время, %;

N — фактическое время работы стана, час;

HB — номинальное время работы стана.

Баланс времени прокатных станов различных типов приведен в табл. 40.

Все остальное технологическое оборудование: нагревательные печи, пресс-ножницы, пилы и вспомогательное оборудование не должно быть узким местом в работе прокатного стана.

Литература

- 1 И М Павлов Теория прокатки Металлургиздат, 1950
 - 2 И Я Тарновский Формоизменение при пластической обработке металлов Металлургиздат, 1954
 - 3 Ю М Чижигов Прокатываемость стали и сплавов Металлургиздат, 1961
 - 4 Б П Бахтинов, М М Штернов Калибровка прокатных валков Металлургиздат, 1953
 - 5 М М Штернов Калибровка угловой стали Металлургиздат, 1961
 - 6 М М Штернов Расчеты технологических параметров горячей прокатки Металлургиздат, 1961
 - 7 П А Полухин, Н М Федосов и др Прокатное производство Металлургиздат, 1960
 - 8 И С Победин, В Г Дрозд Производство сортовой стали Металлургиздат, 1962
 - 9 М А Миренский Работа на мелкосортном стане Металлургиздат, 1959
 - 10 С Н Филиппов Настройка прокатных станов Металлургиздат, 1951
 - 11 В Д Трофимчук Дефекты прокатной стали Металлургиздат, 1954
 - 12 А А Протасов Калибровка прокатных валков Металлургиздат, 1963
 - 13 Д Я Гуревич Краткий справочник прокатчика Металлургиздат, 1955
 - 14 Прокатное производство Справочник, т II, Металлургиздат, 1962
 - 15 А И Целиков, В В Смирнов Прокатные станы Металлургиздат, 1958
 - 16 А А Королев Механическое оборудование прокатных цехов Металлургиздат, 1959
 - 17 А А Королев Прокатные станы Машгиз, 1958
-