

$$\sigma_1^{\max} = \frac{3E_1 h_1}{2(h_1 + h_2)} (\alpha_2 - \alpha_1) T, \quad \sigma_2^{\max} = -\frac{3E_2 h_2}{2(h_1 + h_2)} (\alpha_2 - \alpha_1) T. \quad (8)$$

Формулы (5)-(8) являются основными для вычисления характеристик напряженно-деформированного состояния биметаллических балок при изгибе, вызванном температурными воздействиями.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тимошенко С.П. Прочность и колебания элементов конструкций. - М.: Наука, 1975. - 704 с.
2. Феодосьев В.И. Избранные задачи и вопросы по сопротивлению материалов. - М.: Наука, 1967. - 376 с.
3. Гейтвуд Б.Е. Температурные напряжения. - М.: Изд-во иностр. литературы, 1959. - 349 с.

УДК 621.771.073

Будагьянц Н.А. доктор техн. наук,  
Скобло Т.С. доктор техн. наук,  
Жижкина Н.А. аспирант,  
Полищук И.В. инженер

### ОПЫТ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ ПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ ИЗ ВЫСОКОХРОМИСТОГО ЧУГУНА

Наибольшее применение в мировой практике валки из высокохромистых чугунов получили для чистовых клетей листовых и широкополосных станов горячей прокатки металлов.

Такие валки отливают одно- и двухслойным методом стационарного литья и двух- и многослойными на центробежных машинах.

При изготовлении высокохромистых валков исходят из требований эксплуатации, а уровень свойств и износостойкости обеспечивают оптимальным соотношением основных и легирующих элементов. Так, например, устойчивость аустенита в перлитной области определяется концентрацией углерода. С его ростом при 15,0-18,0% возрастает доля карбидной фазы и снижается степень легированности аустенита а также температура мартенситного превращения.

Введение молибдена в высокохромистый чугун не влияет на температуру мартенситного превращения, а задерживает распад аустенита в перлитной области и увеличивает его прокаливаемость.

Добавки никеля стабилизируют аустенит в перлитной области. Учитывая влияние основных химических элементов при производстве таких валков используют соотношение, Сг/С и соотношением Мо к Сг/С (рис.1.), которое изменяется в пределах 4,1-9,2 повышением этого соотношения твердость и износостойкость валков возрастают.

Из анализа литературных источников (табл.1) следует, что чаще всего высокохромистые валки (12-20%Cr) отливают с содержанием углерода 2,4-2,9%, причем верхний предел концентрации при 12Cr не превышает 2,8%. При увеличении концентрации хрома до 22% содержание верхнего предела по углероду повышают до 3,1-3,4%. Такое высокое содержание углерода допускается и при более низкой концентрации хрома (11,0-18,0%), но в этом случае дополнительно вводят добавки молибдена до 1,2-3,0%. Молибден расширяет область, замедляет диффузию углерода и тормозит распад аустенита в перлитной области. Чаще всего концентрация кремния находится в пределах 0,4-0,6%, а марганца 0,8-1,2%. В ряде случаев в такой чугун вводят никель в количестве 0,8-3,0%.

По имеющейся информации фирмы Climax molybdenum Co (США) и INNSE (Италия) производят высокохромистые валки без добавок никеля.

Высокохромистые белые чугуны имеют низкую теплопроводность и пластичность, высокую усадку и поэтому характеризуются повышенной склонностью к образованию горячих и холодных трещин. Для снижения их склонности к трещинообразованию осуществляют комплексное легирование молибденом, марганцем и ванадием.

Обработываемость таких чугунов определяется видом и долей карбидной фазы. Эта характеристика улучшается при повышении концентрации хрома более 10%, что связано с образованием специальных карбидов  $Me_7C_3$ .

В зависимости от условий эксплуатации и назначения прокатных валков их изготавливают с твердостью 58 - 95HSD.

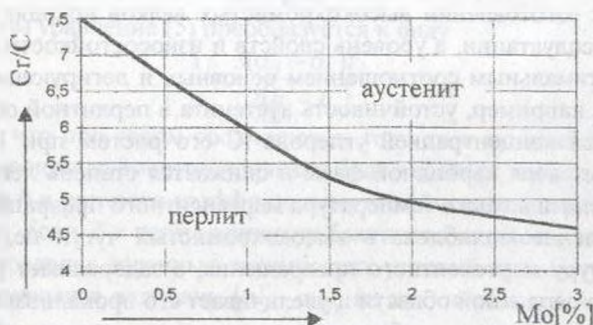


Рис.1. ВЛИЯНИЕ СООТНОШЕНИЯ % МО К Cr/C НА СТРУКТУРУ ПРУТКА ДИАМЕТРОМ 25мм, ОТЛИТОГО В ЗЕМЛЮ ПРИ СОДЕРЖАНИИ 0,7% Mn И 0,9% Si

Таблица 1 ПРИМЕНЕНИЕ ВАЛКОВ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНЫХ ЧУГУНОВ НА РАЗЛИЧНЫХ ПРОКАТНЫХ СТАНАХ ЗА РУБЕЖОМ

Страна, фирма	Марка валька	Твердость по Шору, HSD	Содержание элементов, ост. - Fe							Область применения
			C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Швеция	H-СЧ-Р65	63-67	2,6-3,2	0,5-0,1	0,5-1,5	16-22	1,0-2,0	0,5-3,0	Валки широкополосных станов горячей и холодной прокатки, толстолистовых станов с клетями кварто	
Bofors	H-СЧ-Р70	68-72								
Akers	H-СЧ-Р75	73-77								
	H-СЧ-Р80	78-82								
	H-СЧ-Р85	83-87								
	H-СЧ-Р90	88-92								
Франция	URFAC70C	67-72	2,4-2,9	0,4-0,6	0,8-1,2	16,0-20,0	0,8-1,5	0,8-2,0	Валки широкополосных станов горячей и холодной прокатки, клетей кварто толстолистовых станов	
USINOR	URFAC75C	73-77	2,4-2,9	0,4-0,6	0,8-1,2	16,0-20,0	0,8-1,5	0,8-2,0		
	URFAC80C	77-82	2,4-2,9	0,4-0,6	0,8-1,2	16,0-20,0	0,8-1,5	0,8-2,0		
	URFAC85C	82-87	2,4-3,1	0,4-0,6	0,8-1,2	16,0-22,0	0,8-2,0	0,8-3,0		
	URFAC90C	87-92	2,4-3,1	0,4-0,6	0,8-1,2	16,0-22,0	0,8-2,0	0,8-3,0		
	URFAC95C	92-97	2,4-3,1	0,4-0,6	0,8-1,0	16,0-22,0	0,8-2,0	0,8-3,0		
Бельгия	(сердцевина)		2,7-2,8	2,0-2,5	0,45	0,5-0,6	1,0	-		
Marichal	Comet 90	65-75	2,7-2,8	0,5-0,6	0,5-0,6	0,9-1,0	16-19	1,3-1,4	Валки широкополосных станов горячей прокатки	
Kein	Comet 110	87-92	3,3-3,4	0,5-0,6	0,8-1,0	21-22	1,3-1,4	2,0-2,2	Валки широкополосных, мелкосортных и проволочных станов	
Италия	C-CK-65									
INNSE	C-CK-70	60-85	2,0-3,0	0,3-0,7	0,4-1,0	12,0-20,0	-	0,3-0,8		
	C-CK-75									
	C-CK-80									
ФРГ	ASP170XX	~63							Валки широкополосных станов горячей и холодной прокатки	
Gontermann	ASP180XX	~68								
Peipers	ASP190XX	~75	н.св.	н.св.	н.св.	13,0-20,0	н.св.	н.св.		

1.	2.	3.	4.	5.
США	Клаймекс	~60	1,4-1,6	0,4-0,6
Climax		~70	2,0-2,2	0,4-0,6
Molubdenum Co		~80	2,6-2,8	0,4-0,6
		~90	2,9-3,1	0,4-0,6
		~95	3,5-3,7	0,4-0,6
Япония	Валки:			
Kantoc Rolls	1 для горячей прокатки			
	Рабочий слой	70-75	2,5-3,0	0,5-1,0
	Сердцевина	35-40	2,7-3,5	1,0-2,0
	2 для холодной прокатки			
	Рабочий слой	90-95	2,5-3,2	0,5-1,0
	Сердцевина	40±5	2,7-3,5	2,0-3,0
Англия		~75	2,6-2,9	Н.с.
Brandly and Foster		~85	н.св.	Н.с.
США	3С-18Сч-2Мо	~75	3,0-3,1	0,5-0,7
ЭМЭКС	3С-18Сч-22Мо	~80	2,9-3,0	1,0-1,2
	26С-20Сч- 2,5Мо	~95	2,6-2,7	0,5-0,7
	2,6С-20Сч- 2,5Мо	~90	2,5-2,6	1,0-1,1
ФРГ		~95	н.св.	н.св.
Krupp				

6	7	8	9	10
0,5-1,0	12,0-14,0	—	2,40-3,0	Валки чистовых клетей листовых станов горячей про- катки
0,5-1,0	15,0-16,0	—	2,35-3,0	
0,5-1,0	17,0-18,0	—	2,40-3,0	
0,5-1,0	20,0-22,0	—	2,3-3,0	
0,5-1,0	23,0-25,0	—	2,5-3,0	
				Валки чистовых и черновых клетей широкополосных станов горячей и холодной прокатки
0,8-1,5	16-20	0,5-1,5	0,8-1,2	
0,4-0,8	0,30	1,5	—	
0,8-1,5	16-20	0,5-1,5	—	
0,4-0,8	0,80	1,5	—	
1,4-1,5	15,0-16,0	1,4-1,5	1,4-1,6	Валки чистовых клетей
н.св.	28,0-30,0	1,0-1,5	1,5-2,0	
0,8-0,9	17,5-18,0	0,15- 0,20	2,0-2,1	Крупные литые вал- ки, мельничные
1,6-1,7	17,5-18,5	0,10- 0,20	2,0-2,2	
1,4-1,5	19,5-20,0	0,15- 0,20	2,5-2,6	
1,5-1,6	19,5-20,5	0,10- 0,15	2,4-2,5	
н.св.	18,0%С	н.св.	н.св.	Валки станов хо- лодной прокатки

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
США	27Сч		2,6-2,8	0,3-0,4	0,8-0,9	27-28	6,1-6,2		Валки широкополосных станов
American society for Testing materials	9Сч-6Ni	80-90	3,4-3,5	1,6-1,7	0,6-0,7	8-9		-	
	20Сч-2Мо		2,8-2,9	0,5-0,6	0,7-0,8	19-20		2,0-2,1	
Италия	12Сч-Мо	82-92	3,0-3,5	0,5-0,8	0,5-0,8	11,0-14,0	-	0,5-1,0	Валки широкополосных станов
Climax molybdenum	15-2-1	86-95	2,8-3,5	0,4-0,8	0,6-0,9	14,0-16,0	-	1,9-2,2	
	20-2-1	83-91	2,6-2,9	0,6-0,9	0,4-0,8	18,0-21,0	-	1,4-2,0	
	15-3HC	79-88	3,2-3,6	0,3-0,8	0,7-1,0	14,0-16,0	-	2,5-3,0	
	15-3MC	82-92	2,8-3,2	0,3-0,8	0,6-0,9	14,0-16,0	-	2,5-3,0	
	15-3IC	82-92	2,4-2,8	0,3-0,8	0,5-0,8	14,0-16,0	-	2,4-2,8	
Австрия	VX	55-75	н.св.	н.св.	н.св.	н.св.	н.св.	н.св.	Рабочие валки в четырех валковом толстолистовом стане, черновые клетки, чистовые клетки
"R and E		55-85	"	"	"	"	"	"	
Weinberger		80-95	"	"	"	"	"	"	
G.es.m.b.H"	VKX	85-95	"	"	"	"	"	"	
	VXSG	55-75	"	"	"	"	"	"	



Эксплуатационная стойкость валков из высокохромистого чугуна значительно выше чем хромоникелевого (4-4,5% Ni и 1,5% Cr), что связано с его меньшей склонностью к формированию сетки разгара, окислению, налипанию окалины при прокатке более высокой твердостью в результате формирования спецкарбидов типа  $Me_7C_3$ . В зависимости от химического состава чугуна и термической обработки матрицы структура следующая:

12% хрома - сорбит(65HS)

16% хрома - сорбито-бейнито-мартенситная (70-75HS)

18% хрома - бейнито-мартенситная (80-85HS)

При этом возможно наличие и остаточного аустенита [].

При  $700^{\circ}C$  происходит выделение вторичных карбидов ( $Me_{23}C_6$ ), которые снижают содержание углерода, хрома, молибдена и ванадия в аустените. Вторичные карбиды более мелкие и имеют форму глобулей, пластин, игл и призм.

Двухслойные валки с рабочим слоем из высокохромистого чугуна в результате формирования более дисперсной структуры отличаются и меньшей склонностью к выкрашиванию.

Такие преимущества валков с рабочим слоем из высокохромистого чугуна (12,0-18,0%Cr.) обеспечивают стойкость в чистовой группе клеток широкополосных станов на уровне 3500-6500Т/мм съема рабочего слоя (табл. 2).

Для обеспечения надежной работы таких валков требуется достаточное охлаждение их в клетки, не допущение перегрева поверхности (более  $60^{\circ}C$ ) и продолжительных интервалов во время прокатки, при которых имеют место сильное охлаждение. Следует также учитывать возможность налипания окалины на валки с твердостью до 70HS и не допускать больших обжатий.

Таблица 2 ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ СТОЙКОСТЬ ВАЛКОВ ИЗ ВЫСОКОХРОМИСТОГО ЧУГУНА

Страна	Фирма	Содержание Cr, %	Стойкость вал- ков, т/мм	Клети чистовой группы
ФРГ	АТН	18	3500-3700	F1-F3
	АТН	12	3100-3200	-
	Klöckner ("Клекнер")	12	4900-5100	
	Klöckner ("Клекнер")	12	5700-5900	F4
Франция	Krupp ("Крупп")	12	5800-5900	F1+F2
	Sollac ("Салак")	18	5100-5300	F1-F3
	Sollac ("Салак")	18	6000-6100	F3+F2
Австрия	Sollac ("Салак")	12	4800-4900	F1-F3
	Vöest ("ВЕСТ")	12	4400-4600	F2+F3
	Vöest ("ВЕСТ")	18	4900-5100	F2+F3
США	Inland steel ("Инланд стил")	12	5800-6500	F1+F2