

Изобретение относится к области металлургии и машиностроения, преимущественно к производству крупногабаритных изделий.

Наиболее близкой к предлагаемой стали является сталь (1), содержащая 0,25 ... 0,40% **C**, 0,17 ... 0,37% **Si**, 1,20 ... 2,00 **Cr**, 0,50 ... 0,80% **Mn**, 1,30 ... 2,30% **Ni**, 0,10 ... 0,30% **Mo**, 0,06 ... 0,10% **V**, 0,01 ... 0,06% **Ti**, 0,01 ... 0,06% **Nb**. Сталь характеризуется глубокой прокаливаемостью и высоким уровнем механических свойств, что позволяет ее использовать для производства поковок сечением до 1000мм. Основной недостаток стали - повышенное содержание дорогого и дефицитного никеля. Кроме того, при содержании молибдена вблизи нижнего предела сталь склонна к обратимой отпускной хрупкости.

Задачей изобретения является создание конструкционной стали, в которой путем изменения ее качественного и количественного состава можно достичь экономии никеля при сохранении эксплуатационных характеристик.

Поставленная задача решается конструкционной сталью, содержащей железо, углерод, кремний, марганец, хром, никель, молибден, ванадий, которая согласно изобретению, дополнительно содержит кальций при следующем соотношении компонентов, мас. %:

углерод (C)	0,30 – 0,38
кремний (Si)	0,20 – 0,40
марганец (Mn)	0,50 – 1,40
хром (Cr)	1,20 – 3,00
никель (Ni)	0,70 – 2,30
молибден (Mo)	0,30 – 0,50
ванадий (V)	0,08 – 0,15
кальций (Ca)	0,003 – 0,010
железо (Fe)	остальное,

причем содержание компонентов должно отвечать условию:

$$21 \leq 12C + 2,1Mn + 3,4Cr + 3,9Ni + 8,1$$

$$Mo \leq 24.$$

Приведенное соотношение получено на основании анализа данных и результатов исследований по влиянию легирующих элементов на прокаливаемость и свойства сталей аналогичного характера легирования.

Проверка осуществлялась путем выплавки в индукционной печи емкостью 30кг плавов с различным содержанием элементов в пределах предложенного состава и отклонениями. От него с последующим исследованием полученного металла. Выплавляли также сталь-прототип. Наряду со слитками отливали пробы диаметром 25мм для определения технологической пластичности. Металл слитков проковывали на прутки диаметром 16мм. Заготовки разрывных и ударных образцов нагревали до температуры 900 ... 920°C и охлаждали в печи со скоростью, соответствующей скорости охлаждения в масле участка изделия диаметром 1000мм, находящегося на расстоянии 1/3 радиуса от поверхности (область вырезки образцов для контрольного-сдаточных испытаний). Скорость охлаждения составляла 300°/ч до 750°C (0,5 часа), 250°/ч до 630°C (0,5) часа, 150°/ч до 480°C (1 час), 100°/ч до 280°C (2 часа), далее - на воздухе. Отпуск проводили при температуре 600 ... 620°C в течение 4 часов, охлаждение после отпуска - с печью. Изготовление образцов и механические испытания проводили в соответствии с действующими стандартами.

Испытания на технологическую пластичность проводили путем осадки на прессе образцов литого металла диаметром 25 высотой 50мм. Скорость передвижения пуансона составляла 500 ... 800мм/мин при постоянной нагрузке 800кН. Фиксировали минимальную деформацию  $\epsilon$ , при которой на поверхности образца появлялись видимые трещины.

Анализ результатов, приведенных в табл.1, 2, позволяет заключить следующее. При соблюдении заявленных содержаний элементов и соотношения их концентраций получен достаточно высокий и стабильный уровень механических свойств, удовлетворяющий требованиям категории прочности КП70. Это уровень сохраняется при значении

$$\Sigma = 12C + 2,1Mn + 3,4Cr + 3,9Ni + 8,1Mo$$

как на среднем, так и на верхнем и нижнем допустимых пределах. Механические и технологические свойства предложенной стали не ниже, чем у стали-прототипа (плавка 1). Понижение содержания никеля до 0,60% (плавка 6) привело к заметному снижению технологической пластичности, а также некоторому снижению механических характеристик, большинство которых оказывается на нижнем допустимом пределе. Снижение величины  $\Sigma$  до 20,5 (плавка 10) приводит к падению уровня всех механических свойств, включая прочностные. В микроструктуре образцов наблюдали продукты диффузионного распада аустенита. Повышение содержания хрома, марганца и углерода, а также величины  $\Sigma$  сверх заявленных значений (плавки 14, 15, 16, 17) приводит к ухудшению технологической пластичности. При повышенном содержании углерода значения относительного удлинения, сужения и ударной вязкости оказываются ниже требований категории прочности КП70 (плавка 16). Результаты испытаний образцов плавки 18 с пониженным содержанием кальция

свидетельствует о снижении технологической пластичности и ударной вязкости при отрицательных температурах. При понижении содержания углерода (плавка 9), наблюдается снижение прочностных характеристик ниже требования КП70 при отсутствии достаточного запаса пластичности и вязкости.

Использование изобретения позволит сэкономить значительное количество никеля. Оно особенно эффективно при производстве стали с использованием никельсодержащих отходов или бедного (3% - ного) ферроникеля, поскольку позволяет назначать содержания других легирующих элементов в зависимости от содержания никеля в шихте по расплавлению.

Таблица 1

## Химический состав опытных сталей

№ плав-ки	Содержание элементов, мас. %					
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo
1	0,35	0,31	0,72	1,94	1,97	0,30
2	0,34	0,24	1,11	2,48	1,12	0,41
3	0,30	0,31	1,40	2,44	0,70	0,42
4	0,38	0,27	0,80	2,21	0,95	0,44
5	0,32	0,17	0,80	2,00	1,50	0,35
6	0,34	0,34	1,22	2,43	0,60	0,46
7	0,37	0,27	0,70	2,07	1,23	0,40
8	0,38	0,24	1,12	1,90	1,08	0,45
9	0,28	0,29	1,30	2,33	1,07	0,35
10	0,34	0,30	0,96	2,14	0,88	0,46
11	0,38	0,33	1,20	2,55	1,08	0,50
12	0,30	0,37	1,40	3,00	1,03	0,42
13	0,35	0,29	1,17	2,67	1,50	0,30
14	0,35	0,27	1,50	2,70	1,10	0,39
15	0,34	0,33	1,33	3,11	0,74	0,45
16	0,40	0,36	1,23	2,40	0,93	0,43
17	0,36	0,28	1,32	2,88	1,10	0,39
18	0,33	0,31	1,20	2,51	0,99	0,40

Продолжение табл. 1

№ плав-ки	Содержание элементов, мас. %				
	V	Ca	S	P	Fe
1	0,08	—	0,021	0,028	94,281
2	0,09	0,008	0,015	0,022	94,169
3	0,11	0,010	0,016	0,029	94,265
4	0,15	0,003	0,028	0,030	94,739
5	0,08	0,006	0,016	0,028	94,73
6	0,10	0,005	0,029	0,019	94,457
7	0,09	0,008	0,019	0,018	94,835
8	0,12	0,004	0,026	0,029	94,651
9	0,12	0,007	0,017	0,021	94,215
10	0,08	0,007	0,024	0,027	94,782
11	0,15	0,008	0,014	0,019	93,769
12	0,10	0,010	0,026	0,021	93,323
13	0,09	0,003	0,030	0,022	93,575
14	0,11	0,005	0,028	0,020	93,527
15	0,08	0,007	0,021	0,025	93,567
16	0,12	0,008	0,017	0,024	94,081
17	0,11	0,007	0,021	0,026	93,506
18	0,10	0,002	0,036	0,021	93,111

Таблица 2

## Механические и технологические свойства опытных сталей

№ плавки	$\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{0.2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	$\psi$ , %	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	KCU-40, Дж/см <sup>2</sup>	$\epsilon$ , %
1	860	720	17	49	70	47	75...80
2	880	730	16	43	64	42	75...80
3	860	710	17	45	71	44	75...80
4	870	720	15	44	67	42	75...80
5	860	710	18	49	76	53	75...80
6	850	680	11	34	50	32	60...65
7	830	680	13	32	56	36	75...80
8	840	680	11	35	51	34	75...80
9	810	650	16	39	52	33	75...80
10	800	650	10	32	43	29	75...80
11	900	760	14	45	61	46	75...80
12	870	710	16	43	63	49	75...80
13	890	750	18	48	73	50	75...80
14	900	750	14	42	59	41	60...65
15	870	720	13	40	56	40	60...65
16	910	780	9	30	39	27	60...65
17	890	750	14	43	59	41	60...65
18	870	730	16	44	60	28	60...65