

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОНОМНО ЛЕГИРОВАННЫХ ШТАМПОВЫХ СТАЛЕЙ

В.И. Варфоломеев, В.Б. Бутыгин, А.С. Демидов

Разработаны пути легирования штамповых сталей элементами в количестве позволяющем снизить их стоимость. Полученные стали по сравнению с стандартными типа 4Х5Ф1С и 3Х2В8Ф могут работать в более широком диапазоне температур: от 300 до 750 °С.

Исследованные стали можно рекомендовать для матриц и пуансонов при горячем деформировании легированных конструкционных сталей и жаропрочных сплавов, пресс-форм литья под давлением цветных сплавов.

Ключевые слова: термическая обработка, легирование, теплостойкость, штампы, твёрдость, фазовый состав, ковка, карбиды, температура закалки, величина зерна.

Поскольку многие штамповые стали имеют различные размеры и конфигурации и являются металлоемкими, необходимо изучение путей легирования и в частности элементами позволяющими снизить стоимость штамповой стали.

Трудность решения этих задач возрастает в связи с тем что при легировании требуется для создания необходимой теплостойкости, твердости, как правило снижается ударная вязкость. Это требует изучение ос-

новных закономерностей влияния фазового и структурного состояния штамповой стали этого назначения на основные механические и технологические свойства. Для исследования выбраны стали легированные: кремнием, марганцем, вольфрамом, молибденом, хромом, никелем, ванадием, кобальтом, алюминием, медью (таблица 1). Для повышения ударной вязкости содержание углерода принято в пределах 0.1-0.35%.

Таблица 1 - Химический состав сталей

Сталь	C	Mn	Si	Ti	Mo	Cr	Ni	Cu	W	V	Co	Al
1	0,24	1,95	0,34	0,8	0,9	11,2	7,4	0,7	3,6	1,2	1,7	0,23
2	0,3	1,4	0,79	0,26	2,5	10,9	8,6		3,09	0,5	1,5	
3	0,35	0,57	0,47	0,2	1,9	8,1	11,95	2,9	1,9	0,9	0,08	>1,2
4	0,2	0,4	1,4	0,02	2,5	5,3	8,8	0,5	0,05	0,67	0,01	0,2
5	0,25	2,5	1,06	1,3	2,7	8,2	9,4	0,64	4,8	1,4	1,3	0,45
6	0,35	2,5	0,41	1,9	0,97	8,0	9,0	1,2	4,7	0,57	3,4	>0,28

Марганец вводился в пределах 0.4-1.95%, вольфрам в пределах 0.05-4,8%, молибден в пределах 0.9-2.7%, ванадий в пределах 0.5-1,2%, титан в пределах 0,02-1,3% вводился с целью создания упрочняющей фазы, кобальт в пределах 0,01-3,4% для обеспечения полного фазового превращения, никель в пределах 7,4-11,95% для предупреждения образования δ-феррита, а так же противодействия росту зерна, улучшая прокаливаемость и механические свойства стали. Дополнительное легирование стали медью в пределах 0,5-2,9% для увеличения

механических свойств при нагреве и для возможного уменьшения налипания деформируемых медных сплавов на рабочую поверхность штампа.

Стали выплавлены в открытой индукционной печи. Слитки массой от 12кг были прокованы на прутки сечением 12х12 и 20х20 мм для лабораторных исследований и диаметром от 40 мм до 140 мм для промышленных испытаний.

Ковку выполняли по режиму, принятому для штамповых сталей высокой теплостойко-

сти с нагревом 1180-1200°C и деформацией при температурах 1180-950°C.

Охлаждение ковок – замедленное (в песке). Ковкость всех сталей хорошая. Фазовый состав сталей послековки и отжига представлен карбидами вольфрама, хрома и марганца.

Превращения при закалке. Температуры при закалке выбирались с условием сохранения мелкого зерна балла 10-9. Температуры закалки обеспечивали почти полное растворение карбидов. Изменение твердости в зависимости от температуры закалки представлены в таблице 2

Наименьшая твердость наблюдается в образцах сталей № 1,5,6, в которых наименьшее содержание углерода. Кроме того в этих сталях повышенное содержание марганца и никеля, что приводит к образованию

остаточного аустенита в структуре закаленных сталей. В сталях № 2,3,4 наблюдается более высокая твердость, что можно объяснить полным превращением при закалке и более высоким содержанием углерода.

Структура сталей №1,5,6 после закалки – легированный мартенсит и остаточный аустенит. Структура сталей №2,3,4 – легированный мартенсит.

Превращения при отпуске. Во всех сталях процессы дисперсионного твердения вызываемые выделением специальных карбидов из мартенсита протекают качественно почти одинаково.

Превращение при отпуске рассматривались при закалке от температуры 1075°C, при которой величина зерна сохраняется 10-9 баллов (таблица 3).

Таблица 2 - Твердость сталей в зависимости от температуры закалки

№ образца	Т закалки, °C		
	1025	1050	1075
	Твёрдость образца, HRC		
1	40,5-41,5	41-42	43-44
2	60-61	57-58	57,5-58,5
3	63-64	63,5-64,5	63,5-64,5
4	50-51	30-31	54-55
5		36-37	37-38
6	46-47	46-47	49-50

Таблица 3 - Твердость образцов в зависимости от температуры отпуска (t_3 - 1075°C)

№ Образца	Т отпуска, °C								
	300	350	400	450	500	550	600	650	750
1	Т закалки, °C								
2	44-45	46-47	47-48	48-49	48-49	48-49	46-47	44-45	
3	56-57	58-59	60-61	59-60	58-59	57-58	51-52	48-49	45-46
4	56-57	60-61	63-64	63-64	67-68	65-66	58-59	47-48	34-35
5	51-52	53-54	57-58	57-58	59-60	59-60	56-57	47-48	38-39
6	37-38	38-39	39-40	45-46	55--56	55-56	56-57	53-54	42-43

Интенсивность процессов характеризующиеся возрастанием твердости происходит во всех исследуемых сталях. Прирост твердости по сравнению с закаленным состоянием. Для стали №1 до температуры равной 550°C составляет 4HRC, для стали №2 до температуры равной 550°C составляет 1HRC, для стали №3 до температуры равной 550°C составляет 9HRC, для стали №4 до температуры равной 550°C составляет 8HRC, для стали №5 до температуры равной 600°C составляет 19HRC, для стали №6 до температуры равной 500°C составляет 5,5HRC.

Нагрев для отпуска до температур 600-650°C приводит к снижению твердости, но это снижение менее интенсивно, чем в стандартных сталях типа 4X5Ф1С, 3Х2В8Ф.

Теплостойкость исследуемых сталей (для твердости HRC45) составляет 650°C для сталей №1,3,4,5, а теплостойкость стали №2 составляет 750°C, что также выше, чем у стандартных сталей этого типа.

Выводы

1) Возможности использования исследуемых сталей для штампового инструмента, работающего в пределах температур от 300 до 650°C,

2) Сталь 3М2Х10В3К (№2) использовать до температуры 750°C,

3) Наличие хрома, никеля, марганца, молибдена, ванадия обеспечивает высокую прокаливаемость, а следовательно изготовление из этих сталей крупногабаритного инструмента,

4) Подбор для легирования указанных элементов определяет высокие механические свойства особенно ударную вязкость,

5) Исследуемые стали можно рекомендовать для матриц и пуансонов при горячем деформировании легированных конструкционных сталей и жаропрочных сплавов, прессформ, литья под давлением, цветных сплавов.

6) Меньшая стоимость из-за низкого количества легирующих элементов.

Варфоломеев В.И., аспирант

Бутыгин В.Б., к.т.н., профессор каф. МТuО, ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», г. Барнаул
e-mail: mitom@mail.altstu.ru

Демидов А.С., к.т.н., доцент

Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВПО АлтГТУ, г. Рубцовск