

ЛЕГИРОВАННЫЕ ШТАМПОВЫЕ СТАЛИ ШИРОКОГО ДИАПАЗОНА ПРИМЕНЕНИЯ

В. Б. Бутыгин, А. С. Демидов

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул, Россия

Создание высокопроизводительных и стойких в эксплуатации инструментов связано, в первую очередь, с проблемой получения и обработки таких материалов, которые могли бы противостоять жестким условиям работы. Высокие механические свойства инструмента и его теплостойкость достигаются специальным легированием и термической обработкой. Таким образом, определенный интерес представляет разработка корректировка методов термической обработки.

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 основных 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

Стали выплавлены в открытой индукционной печи. Слитки массой от 12кг были прокованы на прутки сечением 12x12 и 20x20 мм для лабораторных исследований и диаметром от 40 мм до 140 мм для промышленных испытаний.

Ковку выполняли по режиму, принятому для штамповых сталей теплостойкости с нагревом 1180-1200⁰С и деформацией при температурах 1180-950⁰.

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

Введение в состав сплава углерода в количестве 0,20-0,30 масс.% способствует

образованию карбидных фаз, которые принимают участие в процессе дисперсного твердения, при содержании углерода более 0,30 масс.% приводит к снижению ударной вязкости

Введение в состав сплава марганца в количестве 1,0-1,40 масс.% является оптимальным, так как при таком содержании марганца увеличивается прокаливаемость и устойчивость к распаду аустенита, дальнейшее повышение содержание марганца снижает прочность и ударную вязкость.

Введение в состав сплава кремния в количестве 0,40-0,80 масс.% влияет на вторичную твердость при отпуске, повышая легированность твердого раствора. При содержании кремния менее 0,40 масс.% приводит к сни-

жению его влияния на вторичную твердость. Содержание кремния более 0,80 масс.% сопровождается уменьшением ударной вязкости.

Введение в состав сплава титана в количестве 0,20-0,30 масс.% препятствует образованию межкристаллитной коррозии одновременно несколько увеличивает количество карбидной фазы. Снижение содержания титана меньше 0,20 масс.% не оказывает влияние на межкристаллитную коррозию, а увеличение содержания титана свыше 0,30 масс.% приводит к снижению вязкости.

Введение в состав сплава молибдена в количестве 2,0-2,5 масс.% повышает температуру рекристаллизации - твердого раствора и замедляет его разупрочнение и кроме этого способствует увеличению пластичности и прочности штампового сплава. Кроме того молибден в этих пределах участвует в образовании интерметаллидной фазы при высоких температурах повышая твердость. Содержание молибдена ниже 2,0 масс.% и выше 2,5 масс.% не целесообразно так как не оказывает влияние на повышение твердости и теплостойкости. А также совместно с молибденом, ванадием и хромом (в количествах принятых для этой стали) резко повышает окалиностойкость. При содержании вольфрама ниже 2,5 масс.% снижает количество выделения интерметаллидов при отпуске, снижая теплостойкость и твердость. Повы-

шение содержания вольфрама выше 3,0 масс.% приводит к увеличению количества интерметаллидной фазы и снижению пластичности.

Введение в состав сплава ванадия в количестве 0,20-0,30 масс.% способствует измельчению зерна и повышению окалиностойкости. При содержании ванадия ниже 0,20 масс.% влияние его на измельчение зерна проявляется незначительно. При содержании ванадия выше 0,30 масс.% приводит к ухудшению шлифуемости.

Введение в состав сплава кобальта в количестве 1,0-1,50 масс.% способствует выделению интерметаллидов при высоких температурах отпуска, повышая твердость и теплостойкость. А так же повышает прочность стали при ударных нагрузках, улучшает жаропрочность стали. Содержании кобальта менее 1,0 масс.% не приводит к повышению теплостойкости и твердости. Содержание кобальта более 1,5 масс.% приводит к увеличению количества упрочняющей фазы, что отрицательно влияет на пластичность стали.

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.

Таблица 2 – Твердость сталей в зависимости от температуры закалки

№ образца	Т закалки, °С		
	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

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 наблюдает-

ся 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.

ЛЕГИРОВАННЫЕ ШТАМПОВЫЕ СТАЛИ ШИРОКОГО ДИАПАЗОНА ПРИМЕНЕНИЯ

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

Преобразование при отпуске рассматривались при закалке от температуры 1075⁰С, при которой величина зерна сохраняется 10-9 баллов (таблица 3).

Таблица 3 – Твердость образцов в зависимости от температуры отпуска (t_3 - 1075⁰С)

№ Образца	Т отпуска, °С								
	300	350	400	450	500	550	600	650	750
1	Т закали, °С								
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 550⁰С составляет 4 HRC для стали №2 до температуры равной 550⁰С составляет 1HRC, для стали №3 до температуры равной 550⁰С составляет 9HRC, для стали №4 до температуры равной 550⁰С составляет 8HRC, для стали №5 до температуры равной 600⁰С составляет 19HRC, для стали №6 до температуры равной 500⁰С составляет 5,5HRC.

Нагрев для отпуска до температур 600-650⁰С приводит к снижению твердости, но это снижение менее интенсивно, чем в стандартных сталях типа 4X5Ф1С, 3X2В8Ф.

Теплостойкость исследуемых сталей (для твердости HRC45) составляет 650⁰С для сталей №1,3,4,5, а теплостойкость стали №2 составляет 750⁰С, 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 650⁰С,

2) сталь 3М2Х10В3К (№2) использовать до температуры 750⁰С,

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 и холодном деформировании легированных конструкционных сталей и жаропрочных сплавов, пресс-форм, литья под давлением, цветных сплавов.

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