

РАЗРАБОТКА ШТАМПОВЫХ СТАЛЕЙ РАЗЛИЧНОЙ ТЕПЛОСТОЙКОСТИ

Л.Д. Собачкина, В.Б. Бутыгин

Рассмотрены пути легирования штамповых сталей элементами в количестве, позволяющем снизить их стоимость. Полученные стали по сравнению со стандартными, типа 4X5Ф1С и 3X2В8Ф 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.

Штамповый инструмент, как правило, имеет различные размеры и конфигурации и металлоемкий. В связи с этим, изыскание путей легирования, позволяющих снизить стоимость штамповых сталей, при сохранении эксплуатационных свойств, является актуальным.

Трудность решения этих задач возрастает в связи с тем, что при легировании, требуемом для создания необходимой теплостойкости и твердости, как правило, снижается ударная вязкость. Это требует изучения 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 0,3–0,35 %.

Стали выплавлены в открытой индукционной печи. Слитки массой от 6 кг были прокованы на прутки сечением 12x12 мм для лабораторных исследований и диаметром от 40 мм до 140 мм для промышленных испытаний. Ковку выполняли по режиму, принятому для штамповых сталей высокой теплостойкости, с нагревом 1180–1200 °С, и деформацией при температурах 1180–950 °С.

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 стали № 4, в которой наименьшее содержание углерода. Кроме того, в этой стали повышенное содержание марганца и никеля, что приводит к образованию остаточного аустенита в структуре закаленных сталей. В сталях № 1, 2 наблюдается более высокая твердость, что можно объяснить полным превращением при закалке и более высоким содержанием углерода.

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

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

Таблица 1 – Химический состав сталей

Сталь	C	Mn	Si	Ti	Mo	Cr	Ni	Cu	W	V	Co	Al
1	0,35	1,55	0,65	0,26	2,5	10,9	7,6		2,09	0,5	1,5	
2	0,35	0,57	0,67	0,2	1,9	8,1	10,95	2,9	4,9	0,9	0,08	>1,2
3	0,35	1,45	1,4	0,02	2,5	8,3	8,8	0,5	6,05	0,67	0,01	0,2
4	0,3	2,5	1,06	1,3	2,7	8,2	8,4	0,64	3,8	1,4	1,3	0,45

РАЗРАБОТКА ШТАМПОВЫХ СТАЛЕЙ РАЗЛИЧНОЙ ТЕПЛОСТОЙКОСТИ

Таблица 2 – Твёрдость образцов в зависимости от температуры заковки

№ Образца	Т заковки, °С		
	1025	1050	1075
	Твёрдость образца, HRC		
1	60-61	57-58	57,5-58,5
2	63-64	63,5-64,5	63,5-64,5
3	50-51	30-31	54-55
4		36-37	37-38

Преобразования при отпуске рассматривались при заковке от температуры 1075 °С.

Изменение свойств после заковки исследовалось при температурах от 300 °С до 750 °С (таблица 3, рисунок 1).

Максимальная твёрдость (HRC 68 при 500 °С) достигалась в стали № 3. Увеличение температуры отпуска ведёт к снижению твёрдости, но при температуре 650 °С, твёрдость остаётся приемлемой для штамповых сталей (HRC 47-48). Близкие значения пока-

зывает сталь № 4, но максимальная, достигаемая при отпуске от 500 °С, твёрдость составляет HRC 59-60, которая не снижается ниже HRC 47-48 до 650 °С. Более низкие значения твердости показывают стали № 1 и № 2. Однако, их твёрдость выше HRC 45 сохраняется до 650 °С, а стали №2 до 750 °С (это связано с повышенным содержанием никеля).

Таблица 3 – Твёрдость образцов в зависимости от температуры отпуска (t_3 – 1075 °С)

№ Образца	Т отпуска, °С								
	300	350	400	450	500	550	600	650	750
Твёрдость образца, HRC									
1	44-45	46-47	47-48	48-49	48-49	48-49	46-47	44-45	
2	56-57	58-59	60-61	59-60	58-59	57-58	51-52	48-49	44-45
3	56-57	60-61	63-64	63-64	67-68	65-66	58-59	47-48	31-30
4	51-52	53-54	57-58	57-58	59-60	59-60	56-57	47-48	38-39

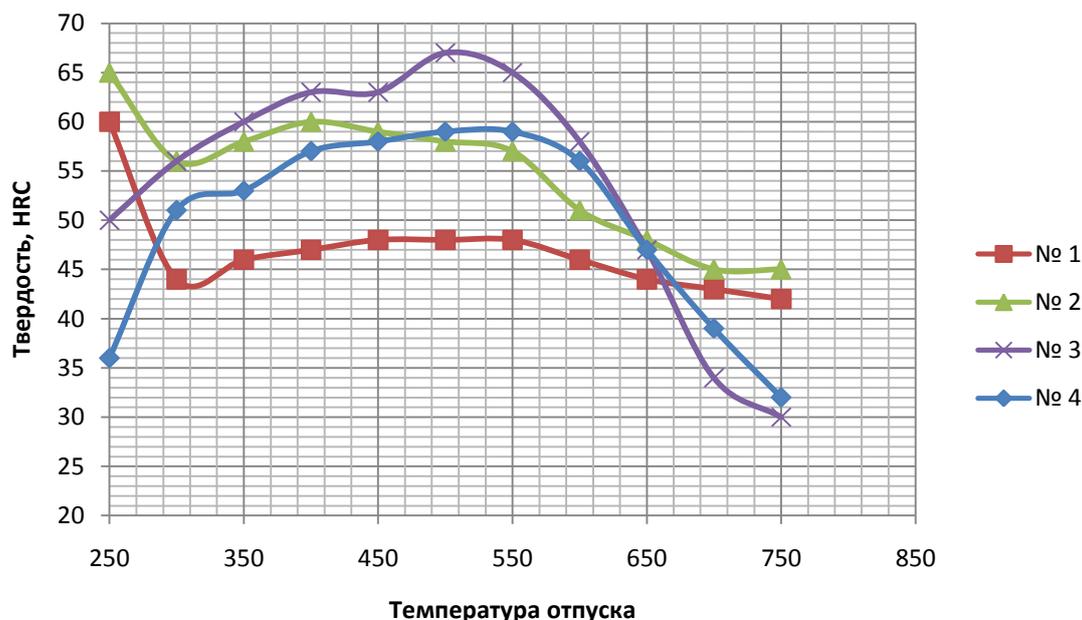


Рисунок 1 – Изменение твёрдости в зависимости от температуры отпуска

О легировании. Легирующие элементы вводились согласно таблице № 1: марганец, вольфрам, ванадий вводились с целью создания упрочняющей фазы. Кобальт для обеспечения полного фазового превращения. Никель для предупреждения образования δ-феррита, а также противодействия росту зерна, повышения прокаливаемости и механических свойств стали. А также, никель способствует повышению теплостойкости. Легирование стали медью для увеличения механических свойств при нагреве и для возможного уменьшения налипания деформируемых медных сплавов на рабочую поверхность штампа.

ВЫВОДЫ

1. Отпуск в исследуемых сталях приводит к снижению твёрдости, но менее интенсивно, чем в стандартных сталях типа 4Х5Ф1С, 3Х2В8Ф.

2. Теплостойкость исследуемых сталей (для твёрдости HRC 45) составляет 650 °С.

3. Сталь № 2 имеет теплостойкость 750 °С, и выше.

4. Наличие в составе стали хрома, никеля, марганца, молибдена, ванадия, из-за высокой прокаливаемости, позволяет изготов-

ление из этих сталей крупногабаритного инструмента.

5. Из-за высокой твёрдости, теплостойкости, повышенной ударной вязкости исследуемые стали можно использовать для матриц и пуансонов при горячем деформировании конструкционных сталей, а так же жаропрочных сплавов. Стали можно рекомендовать для прессформ, литья под давлением цветных сплавов.

6. Низкое количество легирующих элементов обеспечивает меньшую стоимость этих сталей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Геллер, Ю. А. Инструментальные стали / Ю. А. Геллер. – М. : Металлургия, 1975. – 584 с.

2 Сорокин, В. Г. Марочник сталей / В. Г. Сорокин, А. В. Волосенкова, С. А. Вяткин и др.. – М. : Машиностроение, 1989. – 639 с.

Собачкина Лариса Джумаевна – аспирант, АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: karpov43@list.ru.

Бутыгин Виктор Борисович – к.т.н., профессор кафедры МТuO, АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: mtio2014@list.ru.