

Исследование влияния хрома на свойства штамповых сталей для горячего деформирования

Ниткин Н.М., Зуев В.М.
МГТУ «МАМИ»

В данной статье рассмотрено влияние температуры закалки и отпуска на свойства штамповых сталей для горячего деформирования следующего состава: 0,36-0,44% С и 3, 5 и 8% Cr. Определены оптимальные температуры закалки и отпуска. Изучено влияние хрома на механические свойства кованных сталей.

Стали для штампов горячего деформирования имеют сложный химический состав, обеспечивающий требуемую работоспособность инструмента.

При концентрации углерода 0,36-0,44% они содержат хром, вольфрам, молибден и т.д.

Основным легирующим элементом является хром, содержание которого колеблется от 3 до 8%.

По имеющимся литературным данным хром:

- повышает теплостойкость;
- содержание до 3,5% хрома понижает порог хладноломкости;
- повышает окалиностойкость;
- повышает коррозионную стойкость в расплаве алюминия, но усиливает карбидную неоднородность.

В литературе отсутствуют данные, позволяющие установить оптимальное содержание хрома в штамповых сталях.

Для эксперимента были выбраны стали с 0,36-0,44% углерода и 3,5 и 8% хрома.

Исследуемые стали выплавляли в открытой индукционной печи и разливали в слитки массой 12 кг. Фактически химический состав сталей указан в табл. 1.

Слитки сталей подвергали ковке. Ковку слитков осуществляли в интервале температур: 1150-1100°C (начало ковки) и 950-900°C (конец ковки). Нагрев слитков под ковку осуществляли в газовых печах. Ковку производили на молоте с весом падающих частей 400 кг. Слитки ковали на прутки размером 14x14x600 мм. После ковки прутки отжигали по режиму загрузки в печь при температуре 450°C, нагрев до 850°C, выдержка 3 часа и дальнейшее охлаждение на воздухе. Твердость после отжига составляла: стали 4X3 – 1310-1340 МПа; 4X5 – 1340-1370 МПа; 4X8 – 1400-1430 МПа.

Таблица 1.

Химический состав выплавленных сталей

Марка стали	Химический состав, %		Твердость, НВ, МПа
	С	Cr	
4X3	0,42	3,45	1310-1340
4X5	0,4	5,19	1340-1370
4X8	0,42	8,45	1400-1430

Температуры закалки исследуемых сталей определяли методом пробных закалок и по величине зерна.

Образцы нагревались до температуры 950, 1020 и 1080°C и охлаждались в масле. Результаты испытаний представлены на рис. 1 и 2.

Результаты испытаний показывают, что с увеличением концентрации хрома и повышением температуры закалки, как и следовало ожидать, твердость сталей растет. Однако температуры закалки, обеспечивающие возрастание твердости, неодинаковы для сталей с разным содержанием хрома (рис. 1).

Поскольку наилучшее сочетание механических свойств достигается при зерне балла 10, то для дальнейшего исследования были выбраны следующие температуры закалки (табл. 2).

Повышение температуры нагрева до 1030°C в сталях с 8% хрома объясняется тем, что в них присутствует карбид (Cr,Fe)₇C₃, который растворяется при более высоких температурах

нагрева, чем карбид $(Fe,Cr)3C$, оказывая при этом сдерживающее влияние на рост аустенитного зерна.

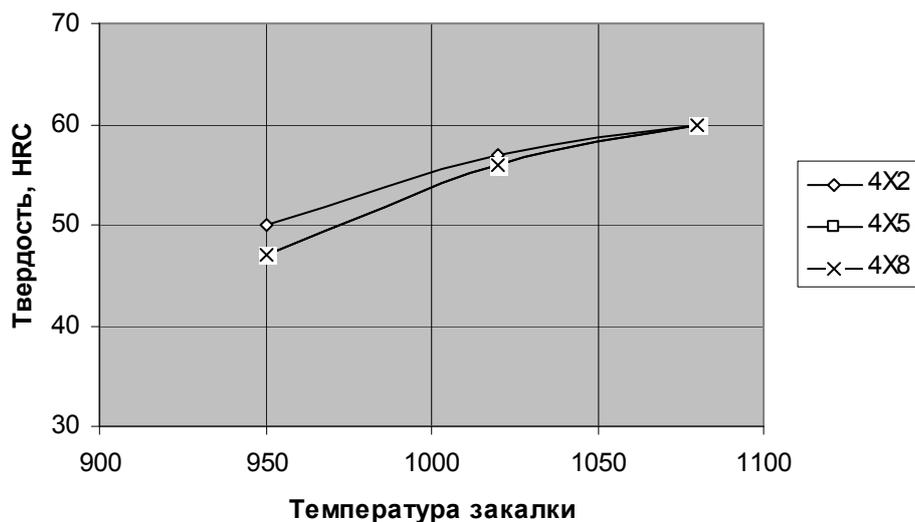


Рис. 1. Влияние температуры закалки на твердость.

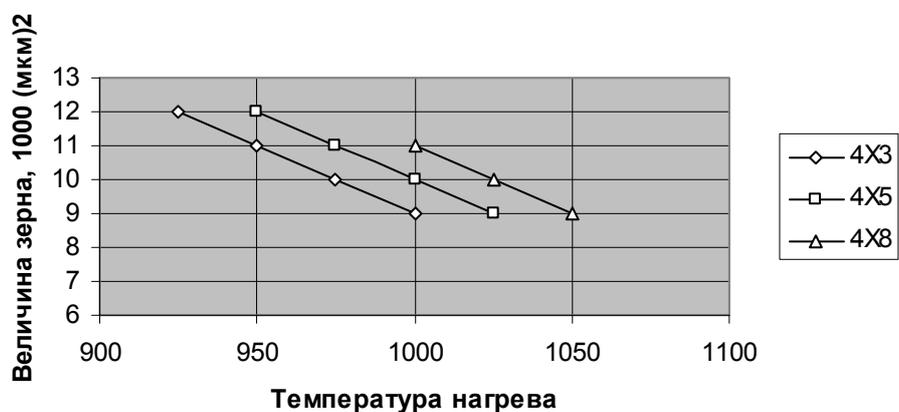


Рис. 2. Влияние содержания хрома и температуры нагрева на величину зерна аустенита.

Таблица 2.

Температуры закалки и твердости исследуемых сталей (балл 10- зерна)

Содержание хрома, %	Температура закалки, °C	Твердость, HRC
3,5	940-960	50-51
5,2	970-990	56
8,5	1010-1030	60

Влияние хрома становится значительным при отпуске. На рис. 3 показано изменение твердости исследуемых сталей в зависимости от температуры отпуска.

Для всех исследованных сталей увеличение температуры отпуска приводит к понижению показателей твердости.

Стали с содержанием 3-8% Cr, сохраняют твердость 45HRC, при отпуске не выше 350-450 °C и твердость 50HRC при отпуске 150-200 °C.

Характерно, что все стали с содержанием хрома от 3% до 8% почти одинаково, но сравнительно мало снижают твердость при более низких температурах отпуска (350-450 °C).

Результаты определения ударной вязкости в зависимости от температуры отпуска приведены на рис. 4.

Для практических целей исследования и выбора сталей с оптимальным содержанием хрома, существенно сопоставить значения вязкости для одинаковой твердости (45 и 50 HRC). Соответствующие данные приведены в табл. 3

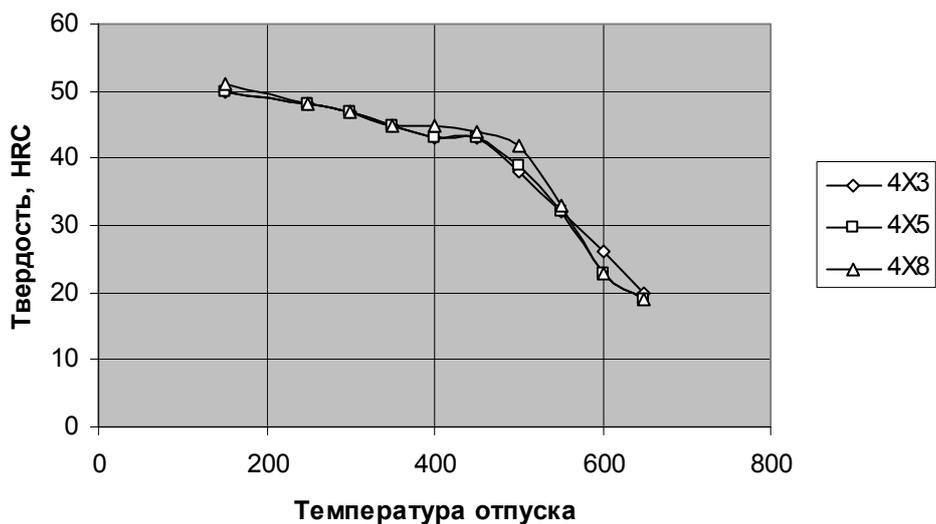


Рис. 3. Влияние температуры отпуска на твердость.

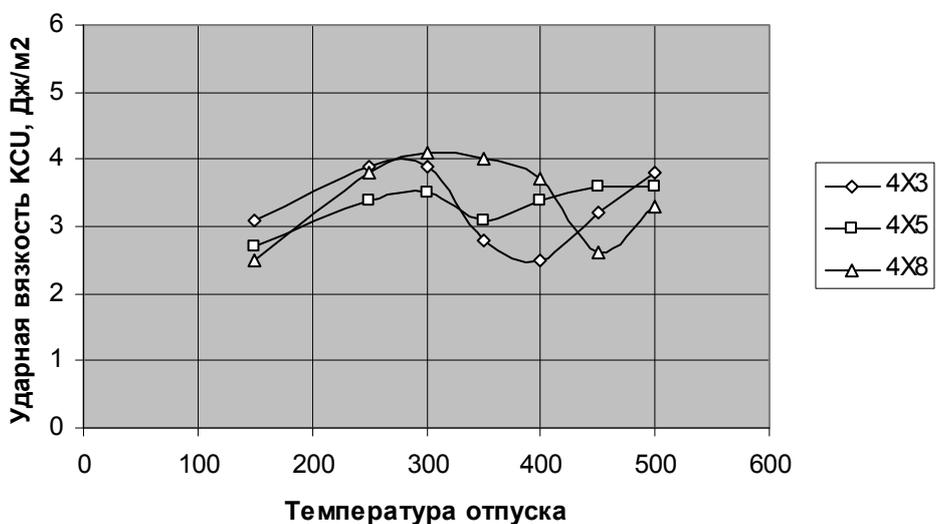


Рис. 4. Влияние температуры отпуска на ударную вязкость.

Таблица 3.

Ударная вязкость исследуемых сталей при твердости 45 и 50 HRC

Содержание хрома, %	Ударная вязкость КСУ, дж/м² при твердости	
	45HRC	50HRC
3,5	2,8	3,1
5,2	3,1	2,7
8,5	3,6	3,0

Исходя из выше изложенного, можно сделать вывод, что оптимальной температурой отпуска является 350-400 °C при достижении твердости 45 HRC.

Выводы

1. Наши испытания показали, что увеличение содержания хрома с 0,40% углерода вызывает повышение температуры закалки, практически незначительно влияя на твердость и ударную вязкость после закалки и отпуска.
2. Можно предположить, что увеличение концентрации хрома будет более ощутимо в литых сталях.