

УДК 621.785.5

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА ОТПУСКА НА СВОЙСТВА ПОРИСТЫХ ЦЕМЕНТОВАННЫХ МЕХАНИЧЕСКИ ЛЕГИРОВАННЫХ ПОРОШКОВЫХ СТАЛЕЙ

Т.В. ВЫСОЦКИЙ, В.Т. ВЫСОЦКИЙ

Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Целью работы являлось исследование влияния температуры отпуска на свойства цементованных пористых механически легированных материалов на основе железного порошка, содержащих 0,7 % молибдена и 2 % никеля (сталь 05МН2); 1 % хрома и 2 % никеля (сталь 06ХН2).

Проведение данного исследования обусловлено тем, что в литературе нет единого мнения о необходимости операции отпуска при производстве пористых цементуемых материалов. Одни исследователи утверждают, что наличие пор в структуре материалов сводит к минимуму напряжения, возникающие при закалке, поэтому нет необходимости проводить отпуск, за исключением тех случаев, когда основным требованием является высокая ударная вязкость. Другие исследователи указывают, что проведение отпуска для пористых материалов обязательно.

Образцы для испытаний получали из шихт, состоящих из 70 % железного порошка ПЖРВ с размером частиц от 0,16 до 0,31 мм и 30 % специально приготовленных концентрированных лигатур, включающих порошок железа ПЖРВ, порошок молибдена и порошок никеля ПНЭ-1 (для стали 05МН2); порошок железа ПЖРВ, порошок железохромистого сплава ПХ30-1 и порошок никеля ПНЭ-1 (для стали 06ХН2). Порошки ПХ30-1 имели размер частиц 0,05 мм, порошок молибдена - 0,005 мм. Применяли порошки легирующих элементов марки "Ч".

Лигатуры получали размолот смеси порошка железа с размером частиц 0,16-0,31 мм и легирующих элементов в высокоэнергетическом вибрационном смесителе в течение 6 ч. Шихты для изготовления образцов – смешиванием железного порошка и лигатур в смесителе со смещенной осью в течение 2 ч.

Формование образцов производили в съемных стальных пресс-формах методом двустороннего прессования по упорам. В качестве оборудования применяли гидравлический пресс мод. ДБ2634 с усилием прессования 1 МН. Дозировку шихты производили взвешиванием навесок на аналитических весах ВЛА-200М с точностью до 0,01 г. Плотность образцов после прессования составляла 85 % от теоретической.

Спекание образцов совмещали с цементацией в твердом древесно-угольном карбюризаторе с соотношением свежего и отработанного 1:3 при

температуре 1000 °С в течение 6 ч. Для ограничения доступа воздуха применяли плавкий затвор из борного ангидрида.

Закалку образцов проводили с температуры 800 °С в масле ИС-20, отпуск образцов во всех случаях проводили в течение 2 ч. Нагрев под закалку и отпуск при температурах 200-600 °С проводили с использованием в качестве защитной среды отработанного древесноугольного карбюризатора.

Прочность при растяжении определяли на плоских образцах с поперечными размерами шейки 5×10 мм и расчетной длиной 40 мм. В качестве оборудования для определения прочности использовали испытательную машину МР-100 при скорости перемещения захватов 0,3 мм/с.

Ударную вязкость определяли на образцах без надреза с размерами 10×10×60 мм. Испытания проводили на маятниковом копре МК-30А.

Твердость образцов после цементации определяли на прессе Бриннеля ТШ-2 вдавливанием шарика диаметром 5 мм при нагрузке 7350 Н и выдержке 10 с; после закалки, закалки и отпуска - на приборе Роквелла ТК-2 (шкала С). Результаты исследований приведены в табл. 1.

Табл. 1. Влияние температуры отпуска на свойства цементованных пористых механически легированных сталей

Температура отпуска, °С	Прочность при растяжении, МПа	Ударная вязкость, кДж/м ²	Твердость, HRC
Сталь 05МН2			
Исходные, после цементации	520	128,4	170*
0, после закалки	450	73,1	44
180	605	93,5	40
200	620	94,5	38
300	635	87,5	30
400	525	90,0	15
600	400	94,0	7
Сталь 06ХН2			
Исходные, после цементации	417	77,5	184*
0, после закалки	354	54,0	45
180	460	58,6	40
200	475	67,5	39
300	540	65,0	30
400	525	70,0	22
600	450	76,0	11
* Твердость по НВ			

Характерной особенностью термической обработки пористых сталей является то, что непосредственно после закалки они имеют прочность ниже полученной после цементации. С увеличением температуры отпуска

прочность возрастает и достигает своего максимума при 300 °С. При этом по сравнению с исходной она увеличивается примерно в 1,2-1,3 раза, а с прочностью после закалки - в 1,4-1,5 раза.

Известно, что у беспористых сталей максимальная прочность наблюдается после отпуска при температуре примерно 200 °С, при этом, по сравнению с закаленной сталью, она возрастает незначительно. С дальнейшим увеличением температуры отпуска прочность беспористых сталей снижается. Относительное увеличение прочности у компактных сталей значительно ниже, чем у пористых. Полученные данные по пористым сталям объясняются их высокой хрупкостью после закалки, которая связана с наличием большого количества концентраторов напряжений в виде пор. При испытаниях на прочность с использованием обычного оборудования трудно создать условия "чистого" растяжения и всегда имеет место изгибающий момент, который и оказывает влияние на прочность хрупких материалов с наличием большого количества концентраторов напряжений.

Существование максимума при 300 °С можно объяснить действием по меньшей мере двух причин. С одной стороны превращения, протекающие при отпуске, должны приводить к снижению прочности при растяжении, которое особенно заметно при отпуске при температурах 250-300 °С, а с другой - снятие термических напряжений, а также напряжений, вызванных фазовым превращением аустенита в мартенсит, приводит к увеличению пластичности материалов, что снижает их чувствительность к наличию концентраторов напряжений и оказывает положительное влияние на прочность. При температурах отпуска до 300 °С большее влияние оказывает второй фактор, выше 300 °С - первый.

Влияние отпуска до температуры 500 °С на ударную вязкость пористых сталей примерно такое же, как и для компактных. При температуре отпуска, примерно равной 300 °С, также отмечается наличие отпускной хрупкости первого рода, однако относительное снижение ударной вязкости пористых сталей, по сравнению с таковым у компактных сталей, ниже и практически им можно пренебречь. Механические характеристики нечувствительные к наличию концентраторов напряжений: предел прочности при сжатии и твердость с увеличением температуры отпуска монотонно снижаются.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о необходимости и важности проведения отпуска как технологической операции, влияющей на свойства механически легированных цементуемых пористых порошковых сталей. Отпуск следует рассматривать как один из эффективных методов повышения надежности изделий из данных материалов, причем значение его в этом случае значительно выше, чем для изделий из компактных материалов. Оптимальная температура отпуска 200-300 °С. Отпуск можно не проводить только в том случае, если единственным требованием, предъявляемым к изделиям, является высокая твердость.