

ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ АУСТЕНИТА НА СВОЙСТВА СТАЛИ Р6М5

Е. П. Калинушкин, проф., д. т. н., Ю. А. Ситало

Национальная металлургическая академия Украины

Введение.

Ранее проведенными исследованиями было установлено, что механизм образования видманштеттового аустенита при перитектическом превращении влияет на степень легированности твердого раствора и характеристики эвтектической и δ -эвтектоидной составляющих структуры стали Р6М5 [1,2]. Поэтому естественно предположить его влияние на эксплуатационные свойства стали после пластической деформации и термической обработки. Целью данной работы было получение слитка из стали Р6М5 с видманштеттовым аустенитом и проведение сравнительного анализа эксплуатационных свойств обычной и опытной стали Р6М5.

Материал и методы исследований.

Для получения опытного слитка отходы стали Р6М5 переплавлялись в индукционной 50 кг печи. После экспресс-анализа химического состава сталь разливалась в графитовые тигли или кокилы с внутренним диаметром 20 мм при температуре 1560-1580 °С. Тигли помещали в кристаллизатор, состоящий из водоохлаждаемого кожуха и внешнего теплоизолятора из асбеста и шамотного кирпича. Скорость охлаждения стали при затвердевании регулировалась подачей воды в кожух и установкой дополнительных теплоизолирующих прокладок между кожухом и тиглем. Температуру стали определяли с помощью платинородиевой термопары по оси слитка. Кристаллизаторы собирались в каскету из 6 штук и на подвижной подине подавались к печи.

Выбор режима для получения видманштеттовой структуры аустенита был основан на анализе закономерностей, приведенных в работах [1,2]. Как следует из ранее полученных данных, при скорости охлаждения стали Р6М5 20 – 75 °С/мин в интервале температур кристаллизации δ -феррита формируется однородное по размерам зерно размером 240 – 260 мкм. Такой величине зерна δ -феррита соответствует критическая скорость охлаждения образования видманштеттового аустенита 120 – 150 °С/мин. Таким образом, для формирования видманштеттовой структуры аустенита необходим режим охлаждения стали Р6М5, включающий два интервала – медленное охлаждение в высокотемпературной области кристаллизации δ -феррита и ускоренное охлаждение в области перитектического превращения.

Полученные по опытному режиму слитки зачищали и подвергали деформации при температуре 1150 – 1180 °С с помощью горизонтального прессы на круг диаметром 6 мм. Затем стержни отжигали при температуре 1000 °С, подвергали правке, механической обработке и шлифовке.

Результаты исследований и их обсуждение.

Анализ структуры деформированного металла, полученного из слитков стали Р6М5, имеющей в литой структуре видманштеттовый и ячеистый аустенит, не выявил качественных различий. Для деформированной структуры

опытной и обычной стали Р6М5 характерно наличие раздробленной эвтектики, а также разрушенных карбидов, образующих строчки в направлении деформации. Однако данные количественной металлографии с использованием сканирующей электронной микроскопии показывают, что опытная сталь содержит на 10-12% больше карбидной составляющей. Кроме того, карбиды в опытной стали более дисперсны.

Исследовано структурообразование в опытной стали Р6М5 при нагреве под закалку. Сравнение характеристик карбидной составляющей в образцах опытной и обычной стали Р6М5 показало, что опытная сталь при температуре закалки 1200 °С имеет большее число карбидов по сравнению с обычной сталью Р6М5, однако карбиды в опытной стали более дисперсны (рис. 1). Повышение температуры закалки до 1260 °С приводит к некоторому укрупнению карбидов в опытной стали, обычная сталь Р6М5 при этой температуре испытывает локальное плавление. Полученные данные свидетельствуют о большей устойчивости при нагреве карбидов в опытной стали по сравнению с обычной сталью Р6М5.

Сделанный вывод также подтверждается количественными зависимостями среднего размера карбидов и их относительного количества от температуры закалки, построенными для опытной и обычной стали Р6М5 (табл. 1). Средний размер карбидов в опытной стали меньше, чем в обычной. При повышении температуры эта закономерность сохраняется, однако карбиды в обеих сталях укрупняются. Рост карбидов в результате их коалесценции происходит значительно быстрее в обычной стали Р6М5.

Количество карбидной составляющей уменьшается при повышении температуры как в обычной стали Р6М5, так и в опытной стали (табл. 1). Однако опытная сталь во всем исследованном температурном интервале содержит больший процент карбидной составляющей, чем обычная. Следует отметить, что при температуре закалки 1260 °С опытная сталь сохраняет около 3% карбидной составляющей, в то время как в обычной стали Р6М5 происходит оплавление карбидов.

Микрорентгеноспектральное исследование опытной стали, закаленной от температуры 1260 °С, показывает присутствие преимущественно карбидов типа МС и небольшого количества карбидов М₆С. Основное количество карбидной фазы растворяется в аустените, обеспечивая высокую степень его легирования. Следует также учитывать исходную более высокую степень легированности аустенита в опытной стали, обусловленную его видманштеттовой природой.

Преимущество опытной стали, содержащей видманштеттовый аустенит в сравнении с обычной сталью Р6М5 проявляется также в меньшей скорости роста аустенитного зерна при нагреве под закалку. Как видно из табл. 1, опытная сталь при температуре 1240 °С имеет более дисперсную аустенитную структуру, средний размер зерен аустенита на 30% меньше, чем в обычной стали Р6М5. Это может быть объяснено положительным влиянием термически устойчивых карбидов, которые блокируют рост аустенитных зерен при нагреве стали. Кроме того, более высокая степень легированности аустенита в

опытной стали, обусловленная его видманштеттовой природой, способствует меньшей склонности к росту зерен при нагреве.

Таблица 1

Влияние температуры нагрева под закалку на средний размер d , и объемную долю карбидов V , а также средний размер зерна аустенита D в стали Р6М5 выплавленной по разным режимам

параметр	Температура нагрева под закалку, °С									
	1190		1200		1220		1240		1260	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
d , мкм	0,8	1,5	0,85	1,51	1,0	2,1	1,8	5,1	5,1	8,3, оплав.
V , %			6,0	3,9	5,9	3,8	4,1	2,2	2,9	0,6
D , мкм	4,3	3,5	4,3	4,6	4,5	7,6	5,8	10,0	7,6	12,4, оплав.

Примечание: 1 – опытная сталь, 2 – обычная сталь

Полученные данные свидетельствуют о большей устойчивости при нагреве карбидов в опытной стали в сравнении с обычной сталью Р6М5. Микро-рентгеноспектральное исследование опытной стали, закаленной от температуры 1260 °С, показывает присутствие преимущественно карбидов типа МС и небольшого количества карбидов М₆С. Основное количество карбидной фазы растворяется в аустените, повышая высокую степень его легирования, заложенную при образовании видманштеттовых пластин.

Преимущество опытной стали, содержащей видманштеттовый аустенит в сравнении с обычной сталью Р6М5 проявляется в меньшей скорости роста аустенитного зерна при нагреве под закалку. Опытная сталь при температуре 1240 °С имеет средний размер зерна, который на 30% меньше, чем в обычной стали Р6М5. Это связано с положительным влиянием термически устойчивых карбидов, которые блокируют рост аустенитных зерен при нагреве стали, а также повышенной степенью легированности аустенита.

Исходя из полученных экспериментальных данных, для опытной стали Р6М5 была рекомендована температура нагрева под закалку 1240 - 1250 °С., что на 20 – 40°С выше, чем температура закалки обычной стали Р6М5. Закаленные стали подвергали трехкратному отпуску при температуре 560°С с временем выдержки 1 час.

Закаленные и отпущенные заготовки под сверла подвергали испытанию на теплостойкость, которая определялась по стандартной методике. Образцы стали нагревали до заданной температуры, выдерживали 4 часа и охлаждали на воздухе. После этого измеряли их твердость по методу Роквелла. Теплостойкость стали определялась температурой, при которой ее твердость в холодном состоянии составляет 60 HRC. Испытание на теплостойкость основано на том, что сталь Р6М5 относится к сталям с необратимым разупрочнением. Это значит, что при нагреве выше некоторой температуры ее твердость резко снижается и не восстанавливается при остывании. Этот показатель имеет важное значение, поскольку напрямую коррелирует со стойкостью инструмента, причем повышение теплостойкости всего на 10-20 °С способствует в некоторых случаях увеличению стойкости на 40-50 %.

Исследование зависимости твердости опытной и обычной стали Р6М5 от температуры испытания на теплостойкость показало, что опытная сталь Р6М5, первичная структура которой содержала видманштеттовый аустенит, имеет на 30-40 °С более высокую теплостойкость по сравнению с обычной сталью Р6М5. Это явилось хорошей предпосылкой для возможного повышения эксплуатационных свойств быстрорежущей стали Р6М5.

Эксплуатационные испытания инструмента проводили в условиях КПП «Днепропетровский комбайновый завод». Из металла, полученного по опытному и обычному режиму, были изготовлены сверла диаметром 5,1 мм с геометрией заточки 140 град. За критерий оценки стойкости принимали время работы сверл до полного износа при обработке плиты из стали марки Ст3. Всего было испытано 60 сверл, из них 30 сверл - из опытной стали Р6М5 и 30 - из обычной стали Р6М5 производства завода «Днепроспецсталь». Обработка результатов испытаний показала увеличение стойкости сверл из опытной стали Р6М5 на 19% по сравнению с обычными сверлами из стали Р6М5. Следует отметить, что полученный результат мог быть выше при использовании промышленного способа изготовления инструмента из опытной стали Р6М5, обеспечивающего лучшую геометрию завивки сверл и их термическую обработку.

Таким образом, результаты испытаний показали, что опытная сталь Р6М5, первичная структура которой содержала видманштеттовый аустенит, имеет на 30-40 °С более высокую теплостойкость по сравнению с обычной сталью Р6М5. Эксплуатационные испытания инструмента позволили установить увеличение стойкости сверл из опытной стали Р6М5 на 19% по сравнению с обычными сверлами из стали Р6М5.

Выводы.

На базе экспериментальных данных получен опытный слиток стали Р6М5 с видманштеттовым аустенитом. При всех температурах нагрева под закалку опытная сталь с видманштеттовым аустенитом содержит более дисперсные карбиды, больший процент карбидной составляющей, чем обычная сталь Р6М5. Преимущество опытной стали, содержащей видманштеттовый аустенит в сравнении с обычной сталью Р6М5 проявляется также в меньшей скорости роста аустенитного зерна при нагреве под закалку. Для опытной стали Р6М5 была рекомендована температура нагрева под закалку 1240 - 1250 °С. Опытная сталь Р6М5, первичная структура которой содержала видманштеттовый аустенит, имеет на 30-40 °С более высокую теплостойкость по сравнению с обычной сталью Р6М5. Опытные-промышленные испытания инструмента позволили установить увеличение стойкости сверл из опытной стали Р6М5 на 20% по сравнению с обычными сверлами из стали Р6М5.

Список использованных источников

1. Калинушкин Е.П., Ситало Ю.А. Структура и свойства быстрорежущих сталей с видманштеттовым аустенитом // Теория и практика металлургии. – 2006. - №6. – С.120 – 123
2. Калинушкин Е.П., Ситало Ю.А. Исследование образования видманштеттового аустенита в быстрорежущей стали // Материалы IV Международной конференции «Стратегия качества в промышленности и образовании», Болгария, г. Варна, 2008, с. 280-284