

УДК 669.017: 620.18

Абдукаххоров Зоҳиджон, к.т.н. доцент,
Наманганский инженерно-технологический институт

Бердиев Завкиддин Рахимкулович
доценты кафедры “Инженер транспортных средств”
Наманганский инженерно-технологический институт

Жумаев Улугбек Рустамович
ассистент кафедры “Инженер транспортных средств”
Наманганский инженерно-технологический институт

ВЛИЯНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕРОДА В γ -ФАЗЕ СТАЛИ 5ХНМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ЗАКАЛКИ И ПРОМЕЖУТОЧНОГО ОТПУСКА

Аннотация: Основные эксплуатационные и технологические свойства быстрорежущих сталей определяются их дисперсности карбидов. Легирование позволяет достигать необходимую прокаливаемость, упрочнение твердого раствора, упрочнение за счет дисперсности второй фазы. В статье рассмотрено решение эти проблемы.

Ключевые слова: технологические свойства, прокаливаемость, упрочнение, дисперсности, дефектности кристаллического строения, устойчивость, коагуляции частиц, прочность, вязкость, теплостойкость, микроискажений, величины блоков, износостойкость, термической обработка.

Характеристика состояния поверхности твердых тел и процессов, протекающих на ней, важна для понимания многих явлений, связанных с разрушением, химическими процессами, коррозией и т.п. Поверхностная диффузия является очень важным поверхностным процессом.

Несмотря на то, что явление поверхностной миграции атомов было известно еще сорок пять лет назад, только в последние годы появилась возможность дать количественное описание этого явления экспериментально и теоретически.

Трудности экспериментального изучения поверхностной диффузии заключается в том, что сложно получить чистую поверхность, не всегда возможно воспроизвести поверхность определенной степени чистоты, а также измерить факторы, характеризующие ее чистоту.

Кроме того, поверхностная диффузия трудно отделима от переноса в приповерхностном слое, по границам зерен, а часто и в паровой фазе.

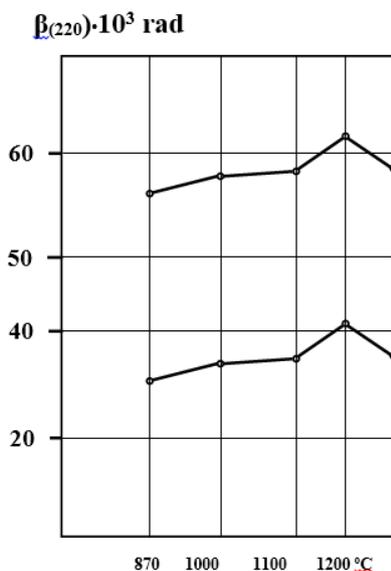
На поверхности твердого тела находится больше разнообразных состояний и различных дефектов, чем в середине его.

Наконец, количество адсорбирующихся вещества больше, чем растворяющихся, и теплота адсорбции почти всегда значительно больше теплоты испарения.

О способности атомов мигрировать твердых кристаллических тел известно давно. Однако приведенные данные носили главным образом качественные характер, а эксперименты не подтверждали, что наблюдавшаяся миграция атомов в действительности представляет собой поверхностную диффузию. В последнее время были разработаны экспериментальные методики, позволяющие оценивать количественно значения коэффициента поверхностной диффузии D_s , и энергии активации Q_s , хотя мы все еще далеки от полного понимания процесса поверхностной диффузии.



Как отмечают Тёрибал [2] и Ле Клер [3], принято считать, что если скорости трех основных видов диффузии в полукристаллическом теле, а именно объемной, граничной (по межзеренным границам) и поверхностной, характеризуются коэффициентами диффузии D_v , D_b , D_s и соответственно энергиями активации Q_v , Q_b , Q_s , то $D_v < D_b < D_s$ а $Q_v > Q_b > Q_s$. Однако подобная зависимость основана на весьма скудных экспериментальных данных. В то время как некоторые последние работы подтверждают справедливость вышеприведенных неравенств, результаты других работ свидетельствуют о том, что эти неравенства соблюдаются не всегда. То, что из всех видов перемещения атомов поверхностная диффузия изучена менее других видов диффузии, в кристаллах кажется несколько странным, если учесть явно большую доступность поверхности для наблюдений. Но стоит только детально ознакомиться с проблемами экспериментального определения свойств поверхности, как тут же выявится ряд трудностей. Более всего препятствует изучение свойств поверхности ее подверженность загрязнению чужеродными атомами.



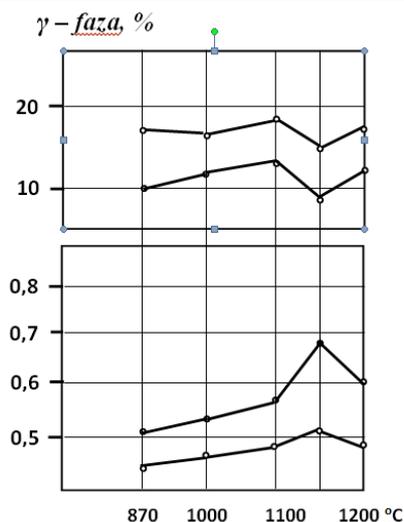
Температуры предварительной закалки, °C

Рис.1. Изменение параметры структуры в зависимости от предварительной закалки и промежуточного отпуска стали 5ХНМ. Итоговая термическая обработка: Вторая закалка – 870°C и последующий отпуск β_{220} – физической ширины рентгеновской линии, 10^{-3} рад., ρ – плотность дислокации, $1/\text{см}^2$,

Основным источником загрязнения поверхности является атмосфера, в которой кристаллы соприкасаются в процессе исследования. В вакууме глубиной 10^{-8} мм рт.ст. число ежесекундно сталкивающихся с поверхностью остаточных атомов или молекул газа имеет величину порядка 10^{15} см⁻². В определенных случаях поверхность загрязняется атомами, диффундирующими изнутри кристаллов. Это происходит в том случае, когда химический потенциал примесных (растворенных) атомов у свободной границы ниже, чем внутри решетки, благодаря чему миграция примесных атомов к подобной границе уменьшает свободную энергию поверхности.

Теорией диффузии в решетке хорошо объясняются экспериментальные диффузионные константы, причем, по-видимому, общепризнанию, что наиболее вероятным механизмом диффузии, по крайней мере, для металлов с решеткой гранцентрированного куба, является диффузия по вакансиям. И хотя в этой области еще остается много неразрешенных проблем, главное внимание до сих пор уделяли вычислению таких величин, как энергия активации.





Температуры предварительной закалки, °C

Рис.2. Изменение содержание углерода в γ – фазе стали 5ХНМ в зависимости от предварительной закалки и промежуточного отпуска. Вторая термическая обработка: закалка – 870°C и последующий отпуск

Теплостойкие стали относятся к карбидному классу. Они в отличие от других машиностроительных сталей обладают высокой теплостойкостью и красностойкостью, а также способностью сохранять мартенситную структуру и соответственно высокую твердость, прочность и износостойкость при повышенных температурах, возникающих в режущей кромке при резании с большой скоростью.

Теплостойкие стали сохраняют мартенситную структуру при нагреве до 600-650°C, поэтому применение их позволяет значительно повысить скорость резания в 2-4 раза и стойкость инструментов в 10-30 раз по сравнению со сталями, не обладающими теплостойкостью.

Для быстрорежущих сталей основными легирующими элементами, который обеспечивает их теплостойкость, являются в первую очередь вольфрам и молибден. Сильно повышает теплостойкость до 640-650°C кобальт и в меньшей степени ванадий. Ванадий, образуя очень твердый карбид VC и повышает износостойкость режущих инструментов [1].

Теплостойкие стали рекомендуются для всех видов изделия при обработке углеродистых и легированных сталей. Наиболее часто применяют сталь 5ХНМ. Для обработки высокопрочных, коррозионно-стойких и жаропрочных сталей и сплавов применяют стали, содержащие кобальт P18K5Ф2, P2AM9K5 с повышенной красностойкостью до 630°C.

Как указано выше, что теплостойкие стали относятся к карбидному-ледебуритному классу. Их фазовый состав в отожженном состоянии представляет собой легированный феррит и карбиды M_6C , $M_{23}C_6$, MC , M_3C и др. Основным карбидом быстрорежущей стали является M_6C , в котором также растворен ванадий. В феррите растворена большая часть хрома; большая часть вольфрама (молибдена) и ванадия находится в карбидах. Количество карбидной фазы в стали 5 ХНМ – 22%. Для получения более высокой твердости стали 5ХНМ (63-64 HRC) и теплостойкость (59-60 HRC) при 620-630°C выдержку при нагреве под закалку увеличивают на 25%. Температуру закалки стали 5ХНМ принимают равной 1220°C. Для стали 5 ХНМ оптимальный режим отпуска, обеспечивающий наибольшую твердость и высокие механические свойства: 350°C 1 ч (первый отпуск) и 560-570°C по 1 ч (последующие два отпуска). Получение более высокой твердости объясняется тем, что при температуре 350°C



выделяются частицы цементита, равномерно распределенные в стали. Это способствует более однородному выделению и распределению специальных карбидов M_6C при температуре 560-570°C. Для быстрорежущих сталей, содержащих много избыточных (эвтектических и вторичных) карбидов [2], характерно сохранение мелкого зерна (номер 11-10) даже при нагреве до указанных выше очень высоких температур.

Для теплостойких сталей применяется режимы одинарной и двойной закалки. Для использования термической обработки с двойной фазовой перекристаллизацией для ряда изделий, изготовленных из углеродистых и легированных конструкционных и штамповых сталей, делают целесообразным изучить применимость этого метода термообработки для теплостойких сталей. Известны авторские свидетельства на термообработку быстрорежущей стали, когда двойная закалка увеличивает стойкость изделия.

Для исследований брали образцы стали 5 ХНМ и 4 ХНМФ3 диаметром 15 и 20 мм, высотой 15 мм. Термическая обработка проводилась последующим вариантом. *Первая закалка* – проводилась с температур нагрева 950,1100,1150,1200°C. После промежуточных отпусков 350,450,560,570,650°C проводили *вторую закалку* – с температур нагрева 950,1100,1150 и 1200°C [3].

Исследования показали, что при первой закалке максимальное насыщение твердого раствора легирующими элементами и углеродом наблюдается только после нагрева 1150-1200°C, о чём можно судить по изменению периода решетки α – фазы и росте плотности дислокаций.

После второй фазовой перекристаллизации уровень теплостойкости определяется главным образом температурой второго нагрева под закалку. Это подтверждает известный факт о том, что теплостойкость быстрорежущей стали связана с максимальной растворимостью легирующих элементов, зависящей только от температуры нагрева под закалку.

Однако наблюдаются существенные различия в макро и тонкой структуре в зависимости от температуры предварительной закалки и промежуточного отпуска. Наблюдается наиболее высокая плотность дислокаций, если предварительная закалка проводилась с 1100-1150°C, а промежуточный отпуск при 700-750°C способствует сохранению мелкозернистой структуры, однако при условии минимального времени выдержки при 1200°C (нагрев в соляной ванне) во время проведения второй закалки [4].

Полученные результаты свидетельствуют о возможности выбора режимов термической обработки теплостойких сталей с двойной фазовой перекристаллизацией для повышения износостойкости режущего изделия. Стойкость и износостойкость быстрорежущих сталей 5 ХНМ и 4ХНМФ3 после термической обработки с двойной фазовой перекристаллизацией увеличивает в два и более раза.

Список литературы:

1. Т. М. Пугачева, Б. Ф. Трахтенберг. Повышение конструктивной прочности машиностроительных сталей методом кратной термической обработки. Материалов научно-технической конференции. Ташкент, 1990, с. 8.
2. А.А. Мухамедов. Исследование свойств после перекристаллизации стали. МиТОМ. 1972. № 12. с. 14-20.
3. Я. Рахимов, З. Абдукаххоров, Поверхностная диффузия и её влияние на свойства рабочих поверхностей деталей машин. Материалы международный научно-практической интернет-конференции Астрахань, 29 февраль 2016 г.
4. Я. Рахимов, Х. Исаханов, З. Абдукаххоров. Влияние температуры предварительной нормализации на прочность и абразивную износостойкость стали. Проблемы механика. 2016г. №2.с. 47-52.

