

лельщиков, зрителей, покупателей) и базируется на их психологической и культурно-поведенческой особенностях, ментальности и ценностях, на статусных предпочтениях, традициях, убеждениях и даже предрассудках.

ЛИТЕРАТУРА

1. Спортивный маркетинг. Правовое регулирование: учебник / С. В. Алексеев. – Москва : Юнити-Дана, Закон и Право, 2015. – 640 с.

2. Маркетинг спорта / [Артемисия Апостолопулу и др.]. – 4-е изд. – Москва : Альпина Паблишер, 2017. – 705 с.

3. Коммерческая деятельность в спорте: примеры из международной практики / под редакцией Саймона Чедвика и Дейва Артура. – Москва : Национальное образование, 2016. – 511 с.

УДК 621.762.4

Голуб М. В., Гапанович О. М.

ФАЗОВЫЙ НАКЛЕП И ДИСПЕРСИОННОЕ ТВЕРЖДЕНИЕ АУСТЕНИТНЫХ СТАЛЕЙ

БНТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: докт. техн. наук, профессор

Иващенко С. А.

Метод фазового наклепа связан с последовательным (циклически) прямым и обратным мартенситным превращением $\gamma \rightarrow \alpha \rightarrow \gamma$, в ходе которого происходит упрочнение аустенита. Эффект упрочнения обусловлен тем, что при прямом мартенситном превращении $\gamma \rightarrow \alpha$ мартенсит претерпевает фазовый наклеп, а при обратном превращении структура наклепа наследуется аустенитом. Это означает, что величина блоков, угол разориентировки и плотность дислокаций в аустенитных фрагментах после превращения сохраняется примерно такими же, как и в мартенситной фазе. Практически, однако, фазовый

наклеп осуществим лишь на сталях, легированных строго определенным количеством аустенизирующих элементов, что существенно ограничивает применение этого весьма эффективного метода упрочнения [1].

Упрочнение деталей метода! дисперсионного твердения основано на выделении избыточных фаз различного типа из перенасыщенного γ -твердого раствора. В качестве цветочной фазы чаще всего используются карбиды, нитриды и карбонитриды ванадия, а также интерметаллиды типа NiAl, Fe Al. При старении дисперсионные частицы выделяются в матрице на дислокациях и дефектах упаковки, повышая прочность стабильно-аустенитных хромоникелевых сталей. В. М. Блинов и Ю. К. Ковнеристый [2] в своих исследованиях предположили, что зарождение и рост дефектов упаковки, наблюдаемых при старении аустенитных сталей, обусловлены в значительной мере снижением энергии дефектов упаковки аустенитной матрицы за счет обеднения твердого раствора углеродом.

Испытания на износостойкость различных деталей машин, изготовленных из стали ЭП769, после закалки и последующего старения показали, что износостойкость станка ЭП769 находится на одном уровне с износостойкостью стали 40X, которая имеет твердость HRC₃₄.

Находит также применение комплексный путь упрочнения, при котором фазовый наклеп и старение стали совмещаются [3]. При оптимальных условиях фазового наклепа аустенитных железоникельтитановых сплавов в сочетании со старением удается достигнуть предела прочности стали 1100...1300 МПа при относительном удлинении $\delta = 20 \dots 30\%$.

Наилучшим сочетанием механических свойств обладают M_n^-Ni стали. В максимально упрочненном состоянии (после закалки с температуры 1200°C и старении при температуре 650°C в течении 10 часов) сталь 60Г18Н8Ф2, содержащая карбиды VC, имеет в 2 раза более высокую ударную вязкость

по сравнению со $C_z M_n Ni$ сталью 60X15Г18Н9Ф2, содержащую, кроме карбидов VC, большое количество карбидов типа $C_{Z23}C_6$. Оптимизация комплекса механических свойств у Mn-Ni сталей обусловлена, по мнению авторов работы, противоположным влиянием никеля и марганца на энергию дефектов упаковки аустенита. [1]

Немагнитные стали с Mn-Ni основой, упрочненные карбидами VC, при дисперсионном твердении имеют хорошее сочетание прочности и вязкости разрушения. Однако такие стали не являются коррозионнотойкими. Согласно Ф. Ф. Химушину [5], нержавеющие стали представляют собой большую группу хромистых, хромоникелевых, хромомарганцевоникелевых сталей, содержащих свыше 12% хрома. Благоприятное влияние хрома на коррозионную стойкость сталей отмечено в работе. Легирование Mn-Ni сталей хромом, повышающим коррозионную стойкость, снижает усталостную прочность, а также вязкость разрушения в результате преимущественного выделения при старении крупных карбидов хрома типа $C_{Z23}C_6$ по границам зерен. Избежать образования карбида хрома в сталях, легированных хромом в количестве более 10%, можно уменьшением содержания в них углерода до 0,02%. При этом использование нитрида ванадия в качестве упрочняющей фазы для малоуглеродистых Cr-Mn-Ni сталей дает возможность получить в результате старения повышение значения механических свойств $\sigma_{0,2} = 1000\text{МПа}, \delta = 20\% ()$ [4].

Однако для получения плотного слитка аустенитной стали (при содержании в ней 18% хрома, 2% никеля, 12...14% марганца) количество вводимого в сталь азота не должно превышать 0,2%. С увеличением процентного содержания азота в стали происходит образование свищей, пористости или роста слитка. Ввести азот в количестве, превышающем нормальный предел растворимости, можно при создании повышенного давления азота над расплавом металла и при его

кристаллизации [4]. Все это существенно усложняет возможность получения высокопрочных стареющих сталей.

Анализ рассмотренных методов упрочнения фазовым наклепом и дисперсионным твердением показывает, что упрочнение существенно повышает прочностные характеристики аустенитных сталей ($\sigma_{0,2} = 1000\text{МПа}$, $\sigma_{\text{в}}$ больше 1300МПа) при их удовлетворительной пластичности. Однако эти методы имеют существенные недостатки. Механические свойства деталей зависят от режимов термообработки: температуры и продолжительности нагрева под закалку, скорости охлаждения при закалке, температура и продолжительности старения. Требуется строго определенное соотношение легирующих элементов. Использование высокопрочных аустенитных сталей для изготовления деталей, работающих в условиях повышенных контактных нагрузок, требует дополнительного упрочнения рабочих поверхностей деталей пластической деформацией или азотированием. Высокопрочные стали, упрочняемые интерметаллидами типа $Ni_3(Al, Ti)$, содержат более 25% никеля, что усложняет дополнительное поверхностное упрочнение (в частности путём химико-термической обработки). Применение азотирования в качестве упрочняющего метода приводит к необходимости дополнительного легирования сталей хромом, что снижает усталостную прочность и вязкость разрушения в результате выделения при старении крупных карбидов хрома типа $Cr_{23}C_6$ по границам зерен. Для эффективного осуществления процесса азотирования дисперсионно-твердеющих сталей необходимо применять гидростатическую обработку деталей жидкостью высокого давления, что усложняет процесс упрочнения сталей.

К существенным недостаткам следует отнести также низкую коррозионную стойкость дисперсионно – твердеющих сталей. Для получения высокой коррозионной стойкости за счет введения в сталь более 10% хрома нужно уменьшить (до 0,002% и ниже) содержание в стали углерода и увеличить (до 0,6%...1,0%) содержание азота, что связано с определенными

трудностями. Проведение высокотемпературного нагрева сталей (до 1200 °С) требует применения защитной атмосферы или специальных покрытий упрочняемых деталей для избежания выгорания легирующих элементов с поверхности и по границам зерен.

ЛИТЕРАТУРА

1. Банных, О. А. Дисперсионно-твердеющие немагнитные ванадийсодержащие стали / О. А. Банных, В. М. Блинов. – М.: Наука, 1980.
2. Блинов, В. М. Электронно-микроскопическое исследование структуры высокопрочных немагнитных сталей / Блинов В. М., Ковнеристый Ю. К. // Высокопрочные немагнитные сплавы. – М., 1973. – С. 33–46.
3. Земцова, Н. Д. Старение и фазовый наклеп сплава Н25ХТ2 / Н.Д. Земцова // Высокопрочные немагнитные стали. М., 1978, – С. 32–38.
4. Приданцев, М.Ф. Высокопрочные аустенитные стали / М.Ф. Приданцев, Н.П. Талов, Ф.Л. Левин. – М.: Металлургия, 1969. – 248с.
5. Химушин, Ф. Ф. Нержавеющие стали / Ф. Ф. Химушин. – М.: Металлургия, 1967. – 798с.

УДК 376.3

Горнец М. О.

РЕСУРСНЫЕ ЦЕНТРЫ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ КАК УСЛОВИЕ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ

БНТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: ст. преподаватель Плевко А. А.

Педагогическая практика является условием формирования профессиональных компетенций будущих педагогов-инженеров. Ряд студентов инженерно-педагогического факультета