

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ПОВЕРХНОСТНАЯ ОБРАБОТКА (УЗПО) РЕАКТОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

СООБЩЕНИЕ 3. ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ УЗПО НА ПОВЕРХНОСТНУЮ ТВЕРДОСТЬ СТАЛЕЙ

В.М. Нетесов, П.А. Березняк, Н.А. Яес

*Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт»,
г. Харьков, Украина*

Исследовано влияние температуры ультразвуковой поверхностной обработки (УЗПО) на поверхностную твердость аустенитных сталей X16H15M3B, X16H11M3B, X18H10T и стали феррито-перлитного класса 15X2HMFA. Показано, что при УЗПО в интервале температуры 300...77 К происходит увеличение поверхностной твердости исследуемых сталей. Причем величина прироста и характер изменения с понижением температуры обработки у исследуемых сталей различны. У сталей аустенитного класса этот процесс контролируется степенью их устойчивости по отношению к деформационному $\gamma \rightarrow \alpha$ -превращению. Изменение ΔH_c стали 15X2HMFA определяется температурной зависимостью прочностных свойств этого материала.

Настоящая работа является продолжением исследований, посвященных изучению влияния УЗПО на эксплуатационные свойства различных конструкционных материалов. В ранее опубликованных работах [1-3] сообщалось о положительном воздействии этой обработки на такие характеристики как ударная вязкость, кавитационная устойчивость, твердость ряда материалов.

Во всех вышеуказанных случаях данную обработку проводили при комнатной температуре. В тоже время хорошо известно, что степень плотности дефектов кристаллического строения, фазовый состав, а соответственно, и свойства металлов в значительной мере определяются температурой деформации. Исходя из этого, основной целью настоящей работы явилось изучение влияния температуры УЗПО на поверхностную твердость некоторых сталей. Исследовали промышленные аустенитные стали X16H15M3B, X16H11M3B X18H10T и сталь феррито-перлитного класса 15X2HMFA.

Из выше приведенных материалов, прошедших стандартную обработку, были изготовлены образцы в виде пластин толщиной 2 мм. После шлифовки и электрополировки поверхности образцов последние подвергали УЗПО при различных температурах в пределах 300...77К. Обработку проводили на ранее описанной установке [3]. Сущность обработки заключалась в наклепе поверхности ударным инструментом в виде шарика, который приводился в колебательное движение при помощи ультразвукового концентратора. Для охлаждения образцов было изготовлено специальное устройство, на котором закрепляли обрабатываемый образец. Устройство размещалось на подвижном столе установки. Требуемую температуру получали путем продувки через него жидкого азота. Постоянный контроль температуры осуществляли термопарой.

Полученные экспериментальные данные показали, что с понижением температуры УЗПО поверхностная микротвердость аустенитных сталей увеличивается. Однако абсолютные значения H_c и характер изменений прироста этой величины с понижением температуры для каждого материала имеет свои особенности.

На рис.1 приведен график зависимости прироста микротвердости образцов аустенитных сталей от температуры УЗПО. Как следует из рисунка, для стали X16H15M3B (кр.1) с понижением температуры обработки характерным является монотонный прирост ΔH_c . Максимальные значения наблюдаются при 77 К и составляют ~ 70 %. Исходные значения микротвердости исследуемых образцов аустенитных сталей находятся в пределах 3200...3400 МПа.

Для сталей X16H11M3B (кр.2) и X18H10T (кр.3) подобный вид зависимости наблюдается в температурных интервалах 300...115 и 300...220 К соответственно. Обработка при более низких температурах сопровождается резким увеличением ΔH_c этих материалов. Максимальные значения этой величины составляют более 100 % и обнаружены после УЗПО при 77 К. Особенностью стали X18H10T является снижение темпа прироста при температурах ниже ~ 190 К. С целью выяснения причины, обуславливающей полученный характер зависимости, нами была рассмотрена склонность исследуемых материалов к деформационному $\gamma \rightarrow \alpha$ -мартенситному превращению. Известно, что в сталях данного класса при определенных температурно-силовых условиях упомянутое явление наблюдается и оказывает значительное влияние на их физико-механические свойства. Для этого мы рассмотрели фазовую устойчивость исследуемых сталей при их деформации в температурном интервале 300...77 К. Результаты этих исследований приведены на рис.1,б. Для стали X18H10T эти данные были получены нами ранее [4].

Как следует из рис. 1, сталь X16H15M3B (кр.1) в исследуемом температурном интервале является практически устойчивой к $\gamma \rightarrow \alpha$ -превращению. У этого материала незначительное количество деформационного мартенсита, не превышающее ~3%,

было обнаружено только в образцах деформированных в условиях растяжения до разрушения при температурах, близких к 77 К.

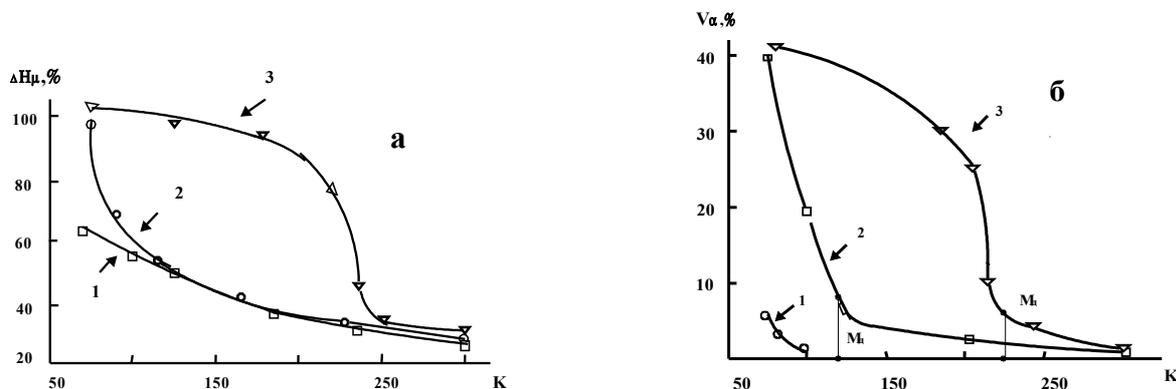


Рис. 1. Зависимость прироста микротвердости ΔH_c от температуры УЗПО сталей X16H15M3B, X16H11M3B, X18H10T, кр.1,2 соответственно (а)
Зависимость количества мартенсита V_α , образующегося в аустените сталей X16H15M3B, X16H11M3B, X18H10T, кр.1,2,3 соответственно, от температуры деформации в условиях растяжения (б)

Стали X16H11M3B и X18H10T (кривые 2,3 соответственно) склонны к деформационному превращению. Причем температура начала этого процесса и динамика его развития с понижением температуры деформации у них различны. Если сравнивать температуру начала деформационного $\gamma \rightarrow \alpha$ -превращения M_d этих сталей, то эта характеристика у стали X16H11M3B находится при ~115K против ~220K у стали X18H10T. Имеется в виду температура, при которой в аустените образуется не менее ~5% α -мартенсита [5]. Деформация при более низких темпера-

турах приводит к резкому увеличению α -фазы. У стали X16H11M3B интенсивность этого процесса вплоть до 77K одинакова, у стали X18H10T при температурах деформации ниже ~200K интенсивность фазового превращения снижается.

Что касается стали 15X2HMФА, то влияние температуры УЗПО по сравнению с аустенитными сталями проявляется иначе. В этом случае максимальный прирост микротвердости ΔH_c наблюдается после УЗПО при 300 К (рис.2,а).

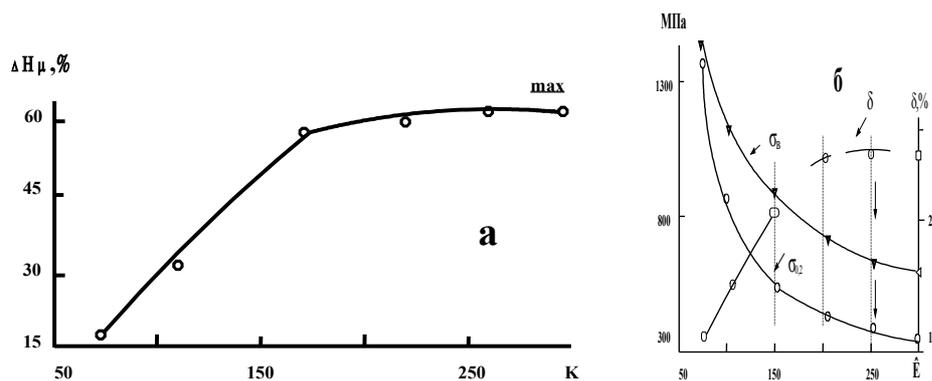


Рис.2. Зависимость прироста микротвёрдости стали 15X2HMФА от температуры УЗПО (а)
Температурная зависимость механических свойств стали 15X2HMФА (б)

В интервале 300...190K значение этой характеристики не изменяется. Обработка при более низких температурах сопровождается резким уменьшением величины ΔH_c . Поскольку эта сталь, как при охлаждении, так и при последующей деформации не подвержена значительному изменению фазового со-

става, полученную зависимость ΔH_c от температуры УЗПО мы рассматриваем с позиции температурной зависимости ее прочностных свойств (рис.2,б).

Как следует из этого рисунка, механические свойства стали в интервале температур 300...190 К мало чувствительны к изменению температуры ис-

пытаний. Дальнейшее понижение температуры до 77 К сопровождается резким увеличением показателей прочности ($\sigma_{0.2}$, σ_b) и снижением пластичности (δ) стали 15X2НМФА. Это может быть одной из основных причин, обуславливающих изменение прироста микротвердости этой стали в исследуемом температурном интервале.

Как было установлено ранее [1,6], эффективность поверхностной обработки высокопрочных материалов резко снижается. Это указывает на изменение характера данного воздействия, превращающегося из способа повышения степени искаженности структуры в эффективный метод, стимулирующий релаксационные процессы. Следует также учесть, что поскольку основные параметры УЗПО – усиление ударного инструмента, его цикличность и другие – являются постоянными, то резкое повышение прочностных и снижение деформационных свойств материала с понижением температуры деформации могут негативным образом влиять на степень его упрочения при УЗПО.

Таким образом, на основании полученных результатов можно сделать следующие заключения. В исследуемом температурном интервале УЗПО приводит к повышению поверхностной микротвердости исследуемых сталей. Для аустенитных сталей величина прироста и характер его изменения с понижением температуры УЗПО определяются устойчивостью этих материалов к мартенситному превращению. В температурной области фазовой устойчивости сталей прирост после УЗПО связан с повышением исходной плотности дефектов кристаллического строения в аустените.

При температурах ниже M_d величина прироста контролируется количеством деформационного мартенсита, образующегося в аустените, и динамикой его развития с понижением температуры деформации.

Основным параметром, контролирующим упрочение стали 15X2НМФА и снижение эффективности данной обработки с понижением температуры, является температурная зависимость механических свойств этого материала, а именно – резкое увеличение показателей прочности и снижение деформационной способности стали.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.К. Аксенов, П.А. Данилов, А.В. Мац, В.М. Нетесов, А.А. Яес. Ультразвуковая поверхностная обработка стали X18H10T с различным структурным состоянием // *Проблемы прочности*. 1989, №9, с.11–115.
2. И.А. Гиндин, В.М. Нетесов, А.А. Яес, П.А. Данилов, В.Г. Маринин, Н.П. Кулинич. Кавитационная стойкость циркония и его сплавов // *Проблемы прочности*. 1989, №2, с.117–120.
3. И.А. Гиндин, В.М. Нетесов, Л.С. Ожигов, А.А. Яес. Ультразвуковая поверхностная обработка реакторных материалов. Сообщение 1. Влияние ультразвуковой поверхностной обработки на ударную вязкость стали 15X2НМФА // *Вопросы атомной науки и техники. Серия: «Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение»*. 1989, вып.1(4), 2(5), с.110–113.
4. В.М. Нетесов, А.А. Яес, В.А. Клюкович. Мартенситное превращение и деформационные характеристики сталей X18H10T и X16H15M3B // *Металлофизика*. 1987, т.9, №5, с.116–118.
5. A. Posen, R. Sago, T. Kler. Tensile properties of metastable stainless steels // *U.J.Mater.Set.* 1972, №8, p.870–876.
6. М.А. Балтер. О механизме повышения усталостной прочности стали поверхностным деформированием // *Металловедение и термическая обработка материалов*. 1972, №6, с.5–11.

УЛЬТРАЗВУКОВА ПОВЕРХНЕВА ОБРОБКА (УЗПО) РЕАКТОРНИХ МАТЕРІАЛІВ. ПОВІДОМЛЕННЯ 3. ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ УЗПО НА ПОВЕРХНЕВУ ТВЕРДІСТЬ СТАЛЕЙ

В.М. Нетесов, П.А. Березняк, Н.А. Яес

Досліджено вплив температури ультразвукової поверхневої обробки (УЗПО) на поверхневу твердість аустенітних сталей X16H15M3B, X16H11M3B, X18H10T та сталі феріто-перлітного класу 15X2НМФА. Показано, що при УЗПО в інтервалі температур 300...77 К відбувається збільшення поверхневої твердості досліджених матеріалів. При цьому величина приросту та характер зміни цієї характеристики в цих сталях різні. У сталях аустенітного класу цей процес контролюється ступенем стійкості їх до деформаційного $\gamma \rightarrow \alpha$ перетворення. Зміна ΔH_c сталі 15X2НМФА визначається температурною залежністю міцностних властивостей цього матеріалу.

ULTRASONIC SUPERFICIAL PROCESSING (USP) REACTOR MATERIALS. THE REPORT 3. USP TEMPERATURE ON STEELS SUPERFICIAL

V.M. Netesov, P.A. Bereznyak, N.A. Yaes

The effect of the ultrasound surface treatment (UST) on the austenite steels 16Cr15Ni3MoNb, 16Cr11Ni3MoNb, 18Cr10NiTi and on the ferrite-perlite steel 15X2HVM_nN surface hardness on UST in the temperature range 300-77K sample surface hardness increases. The interment value and the variation pattern in dependence on the decrease of the treatment temperature are different for the studied materials. For the austenite steels this process is controlled by the degree of their resistance to the defor-

mation $\gamma \rightarrow \alpha$ transformation. The variation of steel 15X2HМV_nN ΔH_{μ} is determined by this material strength properties temperature dependence.