

МЕХАНИЗМ ПОВЫШЕНИЯ УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ АУСТЕНИТНО-МАРТЕНСИТНОЙ ТРИП-СТАЛИ

Алексеева Л. Е., Буржанов А. А., Кравченко Я. П., Панкова М. Н., Филиппов Г. А.

ФГУП "ЦНИИчермет им. И.П.Бардина",
*ОАО "Камов", г. Москва, Россия,
iqs12@yandex.ru

Трип-стали типа 23Х15Н5СМ3Г со структурой метастабильного аустенита, упрочняющаяся за счет фазового превращения γ -аустенита в α -мартенсит деформации, имеют высокую пластичность, при холодной деформации. Они используются в виде холоднокатаной ленты толщиной 0,3-0,8мм для ответственных деталей (торсионов) втулок несущих винтов вертолетов, ресурс которых определяется сопротивлением стали усталостному разрушению.

Структура стали γ -аустенит + α -мартенсит деформации. Однако, наряду с этими фазами в промышленной ленте после закалки может отмечаться присутствие α -мартенсита охлаждения из-за неоднородности распределения легирующих элементов и повышения в результате этого мартенситной точки.

В отличие от конструкционных сталей, для которых условием повышения усталостной прочности является снижение уровня исходных внутренних микронапряжений (так как в процессе усталости из-за накопления дефектов растут микронапряжения), исходная структура трип-стали 23Х15Н5СМ3Г в холоднокатаной ленте имеет высокие внутренние микронапряжения из-за наклепа аустенита и мартенсита деформации.

Так как поведение такой структуры в процессе развития усталости не исследовалось, в настоящей работе рентгеноструктурным методом исследовано влияние воздействия упругих циклических нагрузок при усталостных испытаниях на фазовый состав и структурное состояние стали в промышленных лентах с исходной структурой а) $\gamma + \alpha_{\text{мартенсит деформации}} (\alpha_{\text{м.д.}})$ и б) $\gamma + \alpha_{\text{м.д.}} + \alpha_{\text{мартенсит охлаждения}} (\alpha_{\text{м.о.}})$, а также на уровень прочности.

Целью работы являлось:

- установление закономерностей изменения фазового состава и внутренних микронапряжений – среднего уровня, а также их локальной концентрации («пиков») [1], в процессе воздействия упругих циклических нагрузок на ленту с разной исходной структурой.

- установление механизма повышения ресурса ленты.

Усталостные испытания проводили на многоцикловую усталость на базе 10^7 циклов на машине МИР-С (отнулевое циклическое одноосное растяжение, асимметричный цикл). Образцы вырезали из промышленных лент с исходной структурой $\gamma + \alpha_{\text{м.д.}}$ и $\gamma + \alpha_{\text{м.д.}} + \alpha_{\text{м.о.}}$. Кроме того проводили стендовые испытания, имитирующие условия эксплуатации. Рентгено съемка проводили с рабочей части образцов до и после испытаний.

Результаты исследования

а) Исходная структура $\gamma + \alpha_{\text{м.д.}}$

Установлены закономерности поведения стали 23Х15Н5СМ3Г в процессе усталостных испытаний:

- Прирост количества α -мартенсита деформации, увеличение плотности дислокаций в аустените, релаксация микронапряжений как среднего их уровня, так и их локальной концентрации (неоднородности распределения) с увеличением числа циклов [1]. Это означает, что прирост количества $\alpha_{\text{м.д.}}$ есть результат дополнительного фазового превращения исходного наклепанного аустенита $\gamma \rightarrow \alpha_{\text{м.д.}}$ с образованием «свежего $\alpha_{\text{м.д.}}$ ». Результаты анализа этих данных представлены на рис.1 и рис.2.

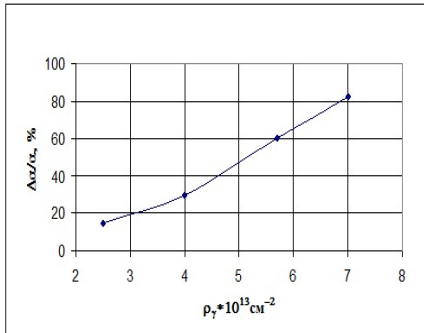


Рис.1.

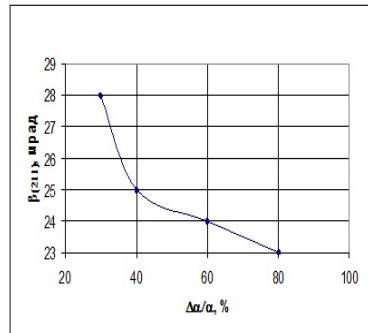


Рис.2, а

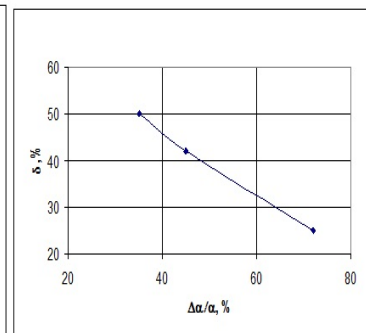


Рис.2, б

Из рис.1. следует, что относительный прирост $\alpha_{\text{м.д.}}$ возрастает с увеличением плотности дислокаций в исходном наклепанном аустените. Из Рис.2. видно, что дополнительное фазовое $\gamma \rightarrow \alpha$ превращение под влиянием упругих циклических нагрузок сопровождается релаксацией микронапряжений как среднего уровня, так и локальной концентрации путем микропластической деформации. Разрушение происходит при исчерпании исходного количества аустенита (в изломе 100% α -мартенсита).

Повышение сопротивления усталостному разрушению определяется возможностью развития двух процессов – дополнительного фазового превращения $\gamma \rightarrow \alpha_{\text{м.д.}}$ и релаксации микронапряжений. Это является основной особенностью механизма усталостного разрушения трип-стали.

б) Исходная структура $\gamma + \alpha_{\text{м.д.}} + \alpha_{\text{охл}}$

Исследована лента после стендовых испытаний на стадии предразрушения с наработкой 2600ч со структурой $\gamma + \alpha_{\text{м.д.}}$, и 390ч. со структурой $\gamma + \alpha_{\text{м.д.}} + \alpha_{\text{охл}}$.

Присутствие $\alpha_{\text{охл}}$ установлено по микроструктуре ($\alpha_{\text{м.д.}}$ - пластины, а $\alpha_{\text{охл}}$ в виде реек). На рис3. представлена микроструктура стали с (а)-наработкой: 2600ч (б)- 390ч в продольном направлении, $\times 250$.

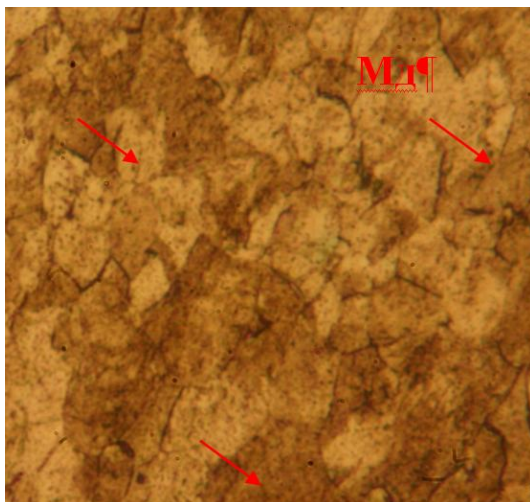


Рис.3, а

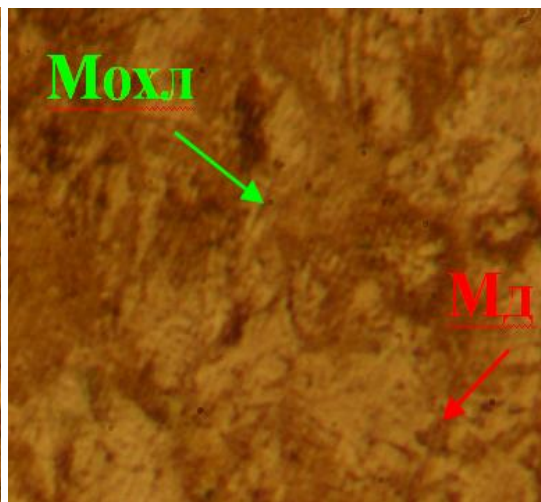


Рис.3, б

Результаты рентгеноструктурного исследования и испытаний механических свойств представлены в графической схеме на рис.4. Исходное состояние (1), 2600 ч (2), 390 ч (3)

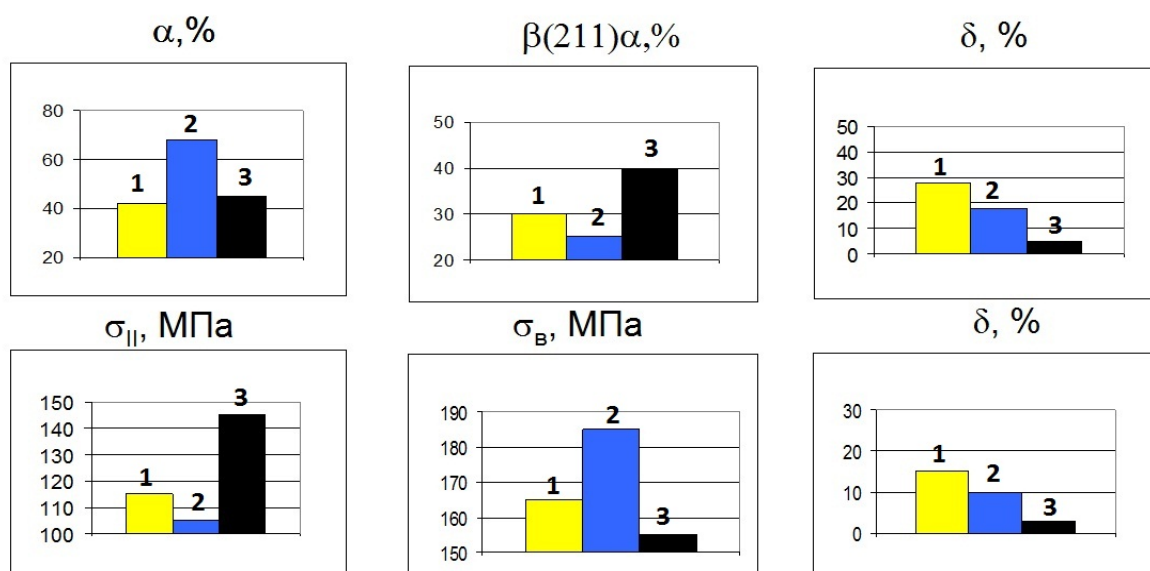


Рис. 4

Из этих данных следует, что для металла торсиона с наработкой 2600ч. наблюдаются установленные закономерности механизма усталости, а именно: напряжения меньше, чем в исходной ленте, прочность выше, количество α -мартенсита деформации выше.

В присутствии $\alpha_{\text{охл}}$ (наработка 390ч.) установленные закономерности нарушаются: при развитии усталости будет также работать механизм накопления дефектов в $\alpha_{\text{охл}}$, с ростом микронапряжений (при меньшем количестве $\alpha_{\text{м.д}}$ микронапряжения (β_{211}) и $\sigma_{||}$, выше чем в исходном листе, при меньшей прочности).

Отсутствие $\alpha_{\text{охл}}$ достигается снижением мартенситной точки за счет легирования и микролегирования.

На основе стали 23X15H5CM3Г разработана сталь с микролегированием 0,013Ti + 0,07%Ce и 0,013-0,02% Ti с мартенситной точкой -140°C , что исключает возникновение $\alpha_{\text{охл}}$. В результате микролегирования в 2,5раза уменьшается размер зерна аустенита и снижаются остаточные микронапряжения. При исходной структуре $\gamma+\alpha_{\text{м.д}}$ (без $\alpha_{\text{охл}}$) достигаются оптимальные механические свойства и повышаются усталостные характеристики.

Выводы

1.Повышение ресурса ленты из стали 23X15H5CM3Г достигается при выполнении установленных закономерностей: а)увеличения количества $\alpha_{\text{м.д}}$, б)повышении плотности дислокаций в аустените, в)релаксации микронапряжений – локальной концентрации и среднего уровня, г)повышения прочности.

2.Выполнение этих закономерностей отражает установленное оптимальное сопротивление механизму усталости трип-стали со структурой $\gamma+\alpha_{\text{м.д}}$.

3.Присутствие $\alpha_{\text{охл}}$ снижает ресурс ленты (Для повышения усталостной прочности стали в холоднокатаной ленте исходная структура должна состоять из $\gamma+\alpha_{\text{м.д}}$).

Список литературы

1. Патент №2390763 «Способ определения локальной концентрации остаточных микронапряжений в металлах и сплавах» г. Москва 27 мая 2010г. Авторы: Алексеева Л.Е., Гетманова М.Е., Филиппов Г.А., Шахпазов Е.Х.

2. Л.Е.Алексеева, А.С.Баев, А.А.Буржанов, С.В.Михеев, Г.А.Филиппов, «Механизм усталостного разрушения трип-стали при воздействии циклических нагрузок»// «Деформация и Разрушение металлов», № 12, стр. 25-26, 2009г., изд. ООО «Наука и технологии».
3. Патент №2204622 «Коррозионно-стойкая аустенитная трип-сталь для холодной пластической деформации и изделие, выполненное из нее» г. Москва 20 мая 2003г. Авторы: Алексеева Л.Е., Синельников В.А., Филиппов Г.А., Баев А.С., Вакуленко А.Ф., Михеев С.В., Якеменко Г.В., Галкин М.П.

ФАЗООБРАЗОВАНИЯ В ЩЕЛОЧНО-ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫХ АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВО ГЛИНОЗЕМА

Ахвердиева Т. А.

Азербайджанский архитектурно-строительный университет

Исследования посвящены процессам твердения и структурообразования водных алюмосиликатных систем на основе сырья вулканического происхождения и щелочных композиций. На их основе разработаны составы алюмосиликатных (щелочно-минеральных) вяжущих твердеющих в различных условиях. Изучены процессы структуро- и минералообразования вяжущих в зависимости от составляющих компонентов и условий твердения. Установлено, что в результате твердения и структурообразования вяжущих формируются новообразования долговечных, прочных и устойчивых минералов типа гидросиликатов, алюмосиликатов, гидроалюмосиликатов щелочных и щелочноземельных металлов.

Грандиозное строительство в настоящее время ежедневно повышает потребность портландцемента. Однако, дефицит энергии, с каждым днем повышение цен, ставит на первый план экономию портландцемента, при возможности применения и исследования других видов вяжущих материалов. Для экономии использования портландцемента применяются производственные техногенные отходы (шлаки) или природные минеральные активные добавки.

Несмотря на применение местного сырья и материалов в производстве портландцемента повышается затраты на ее производства. Также дефицит портландцемента и ограничение.

В настоящее время получение вяжущих систем ведется в трех направлениях: каталитической реакцией в системе цемент-вода, модификацией структуры цементного камня и регулированием - управлением минералогического состава цемента.

В экспериментах для получения вяжущего, в качестве щелочного компонента было использовано жидкое стекло с плотностью $1,215 \text{ г/см}^3$, силикатным модулем 2,9; химический состав которого характеризуется, % по массе: $\text{Na}_2\text{O} + n\text{SiO}_2 - 22,5$; $\text{SiO}_2 - 16,87$; $\text{Na}_2\text{O} - 5,63$; $\text{H}_2\text{O} - 77,5$. В качестве кремнеземистых компонентов использованы сырье техногенных отходов промышленности (производство глинозема). Отметим, что данное месторождения является крупным и имеет промышленное значения с большим запасом. Химический состав производственного отхода определен рентгеноспектральным методом анализа (спектрометр СРМ-18). Установлено, что его химический состав характеризуется следующим содержанием оксидов, который содержит, % по массе: $\text{SiO}_2 - 65,18$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 18,71$; $\text{Na}_2\text{O} - 1,70$; $\text{K}_2\text{O} - 1,06$; $\text{MgO} - 0,60$; $\text{CaO} - 0,72$; $\text{TiO}_2 - 0,21$; $\text{MnO} - 0,07$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 7,56$; п.п.п. - 4,76.