

Таблица 2. Данные хроматографического анализа

| Состав стекла | Содержание фосфора $P_i/\Sigma P_i$. 100% | | | | | | |
|----------------|--|------|---------|-----------|---------|-----------|------|
| | пиро | орто | тримета | тетрамета | триполи | тетраполи | цепи |
| $NaPO_3$ | - | - | 6,2 | 3,3 | 5,3 | 7,4 | 77,5 |
| 20мол% Na_2S | 6,7 | 1,8 | 9,1 | 4,7 | 12,3 | 9,2 | 57,1 |

Расчет степени диссоциации полярных структурных единиц в стеклах системы $NaPO_3-Na_2S$ показал, что $\alpha \approx 10^{-3} - 10^{-4}$, и с увеличением содержания Na_2S увеличивается, примерно, на порядок. Очевидно, это является преобладающим из факторов, определяющих изменение проводимости стекол системы $NaPO_3-Na_2S$ с повышением содержания сульфида натрия. Сильное деполимеризующее действие Na_2S на фосфатные группировки может быть связано с образованием сульфидных цепочек $(S-S)_n^{2-}$. Наличие этих структур подтверждают полосы поглощения в области 630см^{-1}

и 530см^{-1} на ИК спектрах поглощения стекол системы $NaPO_3-Na_2S$.

Результаты измерения электропроводности стекол системы KPO_3-K_2S представлены в таблице 3. На кривых температурных зависимостей электропроводности $\lg\sigma=(f1/T)$ наблюдаются отчетливые изломы при температуре 100°C , появление которых может быть обусловлено либо сменой механизма миграции иона данного вида в различных по составу фрагментах структуры стекла, либо изменением природы носителя тока.

Таблица 3. Результаты измерения электропроводности стекол системы KPO_3-K_2S

| Состав стекла, мол% | $-\lg\sigma_0$ | $-\lg\sigma_{25}$ | $\lg\sigma_{100}$ | Ес, эВ | |
|---------------------|----------------|-------------------|-------------------|--------------|---------------|
| | | | | Низкотемпер. | Высокотемпер. |
| KPO_3 | 1,5 | 6,4 | 8,1 | 0,66 | 1,27 |
| 5% K_2S | 2,1 | 3,2 | 5,6 | 0,65 | 1,4 |
| 10% K_2S | 2,3 | 2,0 | 4,6 | 0,68 | 1,45 |
| 15% K_2S | 2,6 | 1,6 | 4,6 | 0,7 | 1,51 |

На кривых температурных зависимостей электропроводности $\lg\sigma=(f1/T)$ наблюдаются отчетливые изломы при температуре 100°C , появление которых может быть обусловлено либо сменой механизма миграции иона данного вида в различных по составу фрагментах структуры стекла, либо изменением природы носителя тока.

Величина энергии активации электропроводности в высокотемпературной области в 2 раза выше величины энергии активации в низкотемпературной области и повышается с увеличением содержания сульфида калия. Величина энергии активации в низкотемпературной области практически остается постоянной, а электропроводность меняется незначительно и падает по мере введения K_2S . Уменьшение электропроводности с добавлением сульфида калия в

низкотемпературной области можно рассматривать как результат поли-щелочного эффекта между ионами K^+ и H^+ . Увеличение энергии активации в высокотемпературной области с ростом содержания сульфида калия можно объяснить тем, что при добавлении K_2S возрастает количество различных структурных фрагментов, таких как $K^+-O-P_{3/2}$, $K^+-H^+-O_2-PO_{2/2}$, $H^+-S^- -P=$, $K+-S-P=$ и др, что приводит к блокированию ионов, участвующих в переносе электрического тока. Очевидно, что при добавлении K_2S к стеклообразному метафосфату калия происходят структурные преобразования, подобные наблюдаемым в натриевых стеклах. Но деполаризация в стеклах системы KPO_3-K_2S происходит в меньшей степени: ортофосфаты в стеклах состава $85KPO_3-15K_2S$ не обнаружены.

**Обработка материалов и поверхностей материалов,
технологии и оборудование, сварка, резка, металлообработка**

**ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНОЙ
НЕОДНОРОДНОСТИ РЕССОРНОЙ СТАЛИ
50ХГФА НА ЭКСПЛУАТАЦИОННУЮ
ДОЛГОВЕЧНОСТЬ**

Галкин В.В., Пачурин Г.В.
Нижегородский государственный
технический университет,
Нижний Новгород

Сложность прогнозирования поведения металлических материалов в конкретных изделиях при циклической нагрузке определяется многими факторами, которые можно разделить на два вида.

К первому можно отнести конкретную геометрию изделия, величину, условия и цикличность внешних нагрузок. В силу того, что процесс зарождения и распространения трещин локализован, это приводит к тому, что определяющим при усталостном разрушении являются не осредненные характеристики сопротивлению деформированию и разрушению, определяемые при статическом нагружении на образцах достаточно больших размеров, а локальные характеристики и их сочетания.

К основным факторам второго вида, влияющим на закономерность зарождения и распространение усталостных трещин, относится структурный, который зависит от структуры и фазового состава, хими-

ческого состава и термической обработки. Кроме того, на него влияет предшествующая пластическая деформация в холодном или горячем состоянии, которая одновременно может сочетаться с термической обработкой. При этом любой процесс листовой и объемной штамповки сопровождается неравномерностью деформации. Влияние пластической деформации на циклическую прочность осуществляется на микроуровне, при котором она изменяет плотность и структуру дефектов кристаллической решетки, и макроуровне, когда в силу неравномерности деформации в объеме штампуемой заготовки возникают и остаются остаточные макро напряжения. Кроме того, контакт инструмента с заготовкой изменяет характер поверхностных микро неровностей и состояние приповерхностных слоев. Так, например, по данным Е. Шмидмана и П. Эмриха влияние однородной предварительной деформации на усталостную прочность стали Ск 10 не однозначно. Предварительная деформация на 2% несколько снижает предел выносливости, а деформация на 10 и 22% повышает его. Это подтверждает данные, полученные ранее Н.И. Черняком, установившем, что пластические деформации, отличные от равномерных, приводят к ухудшению сопротивления конструкционных материалов усталостному разрушению.

В научно-технической литературе имеется немногочисленная информация по оценке усталостной прочности конкретных изделий. В первую очередь, это связано с тем фактом, что исследование неравномерности деформации в конкретном технологическом процессе обработки металлов давлением, до недавнего времени, имел значительные трудности.

Появление в арсенале анализа напряженно-деформированного состояния программных пакетов типа DEFORM, основанных на методе конечных элементов, позволяет совместно с проведением структурно-механических исследований, более качественно решать выше изложенные проблемы.

В работе на основе использования данной методики для изучения неравномерности деформации в рессорном листе малолистовой рессоры из стали 50ХГФА, получаемой горячей раскаткой на клин из заготовки прямоугольного сечения, предложен метод прогнозирования поведения деформированных металлических материалов при циклической нагрузке на конкретных изделиях.

**ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ И
КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ
КОНСТРУКЦИОННЫХ И
ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ ПУТЕМ
НАНЕСЕНИЯ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫХ
ПОКРЫТИЙ**

Ильичев Л.Л., Рудаков В.И.,
Клевцов Г.В., Клевцова Н.А.

*Оренбургский государственный университет,
Оренбург*

В настоящей работе рассмотрены результаты исследований по повышению износостойкости и коррозионной стойкости изделий из конструкционных и

инструментальных сталей методом нанесения вакуумных ионно-плазменных покрытий сложного состава на основе карбидов, нитридов и карбонитридов тугоплавких металлов.

Разработанные технологические процессы обеспечивают повышение износостойкости металлообрабатывающего инструмента из быстрорежущих сталей в среднем в 3- 4 раза и деформирующего инструмента для обработки металлов давлением – в 5– 6 раз. Технология ионно-плазменной конденсации покрытий различного состава позволяет значительно увеличить коррозионную стойкость деталей газозапорной арматуры, работающей в сероводородосодержащих средах в среднем в 3-5 раз. Значительная экономическая эффективность получена при упрочнении поршневых колец магистральных тепловозов, компрессорных установок и деталей двигателя автомобилей.

Проводится отработка технологических процессов по нанесению на инструментальные стали и твердые сплавы алмазоподобных покрытий на установке УВНИПА-01-001 с сепарацией микрокапельной фазы. Углеродные конденсированные покрытия благодаря своим уникальным свойствам находят всё более широкое применение в качестве защитных и износостойких покрытий на ответственных деталях приборостроения и машиностроения. Алмазоподобные углеродные плёнки осаждаются в основном из парогазовой фазы углеродосодержащих материалов.

Изучение структуры покрытий сложного состава и алмазоподобных плёнок проводили в растровом электронном микроскопе «JEOL JSM-T20». Состав поверхности покрытий определяли методом микрорентгеноспектрального анализа на анализаторе «Comibax MS-40». Для изучения распределения элементов в объёме покрытий, проводили травление аргонной плазмой в установке ВУП-4 по разработанной методике, которая позволила получать малоугловые срезы покрытий. Использовали сканирующий туннельный микроскоп (СТМ-метод). Толщина конденсированных покрытий определяли на γ -толщимере «Microderm MP-700». Распределение микротвёрдости материала на поверхности покрытий проводили на микротвердомере ПМТ-3; твёрдость (HRC) измеряли на твердомере «Sonodur 100-1». Разработка технологических процессов нанесения покрытий сложного состава и алмазоподобных плёнок потребовало решения ряда теоретических и экспериментальных задач.

Основным критерием эффективности разработанных технологических процессов служили эксплуатационные испытания. С использованием образцов-свидетелей, соответствующих по составу, структуре и механическим свойствам упрочняемых сталей, изучали влияние давления реакционного газа на свойства покрытий, степень активации поверхности при нагреве ионной бомбардировкой, влияние технологических параметров конденсации покрытий на их структуру и свойства. Разработаны теоретические модели и проведена экспериментальная проверка взаимодействия плазменного потока с поверхностями разной кривизны и с различной ориентацией поверхности к оси плазменного потока. Были проведены работы по изучению структуры и свойств инструмента, упрочненного многослойными и композиционными покрытиями.