

дящих металлов на основе эффекта Холла. // Способ повышения пластичности деталей. Патент. Российской Федерации на изобретение. №2052514,1996.

УДК 621.793

Бурейко В.В.

## **ВЛИЯНИЕ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ВЫДЕЛЕНИЙ И ИЗМЕНЕНИЯ В ДИСЛОКАЦИОННОЙ СТРУКТУРЕ НА УСТАЛОСТНУЮ ПРОЧНОСТЬ МЕТАЛЛОВ**

*Белорусский национальный технический университет  
г. Минск; Беларусь*

Процесс динамического старения, происходящий во время пластического течения металлов, в основном связан с блокированием дислокаций примесными атомами или их атмосферами, причем его непосредственное наблюдение имеющимися средствами не представляется возможным.

Однако имеется предположение, что в местах максимальных сдвигов или других зонах деформированного металла возможно образование некогерентных выделений в виде мелкодисперсных частиц, которые можно наблюдать в электронном микроскопе.

С другой стороны, в случае обнаружения в деформированном металле мелкодисперсных частиц, ставилась задача попытаться хотя бы качественно определить разницу в их концентрации в зависимости от схемы напряженного состояния и температуры испытания.

Концентрация мелкодисперсных фаз в местах сдвигов, безусловно, зависит от природы материала и температурно-скоростных условий деформирования, определяющих интенсивность протекания процесса деформационного старения.

Таким образом, предварительно деформируя металл в условиях схем напряженного состояния (растяжения, кручения и сжатия), вообще говоря, можно получить неодинаковый эффект изменения сдвигающего напряжения с ростом степени деформации. При этом в каждом отдельном случае необходимо соблюдать условие первоначальной изотропности материала по структуре и механическим свойствам, иначе этот фактор неизбежно будет вносить соизмеримые погрешности в ожидаемые результаты в дальнейших испытаниях на усталостную прочность металлов.

В стали У7А и в ряде других деформационно стареющих металлов и сплавов после соответствующей обработки примеси других элементов находятся в растворенном состоянии и выпадают в виде дисперсных фаз во время пла-

стической деформации. Обычно это выпадение происходит в местах наибольшего сдвига по плоскостям скольжения, где происходит зарождение и движение дислокаций. Двигаясь в плоскости скольжения, дислокация встречает выделившиеся частицы и обволакивает их кольцевыми неподвижными дислокациями, в результате чего повышается сопротивление деформации, и металл упрочняется.

Электронномикроскопические исследования коллодиевых реплик, снятых с образцов стали У7А, при удалении от зоны излома показывают, что общая концентрация частиц уменьшается и заметно уменьшается концентрация более мелких частиц.

Выделившиеся частички примесей и добавок определенным образом оказывают влияние на движение дислокаций, а также на величину общего сдвигающего напряжения или истинного сопротивления течению. Сопротивление движению дислокаций в первую очередь зависит от характера основного материала и примесей, в частности от их модулей сдвига.

Однако, величина сдвигающего напряжения определяется не только указанными параметрами. Поскольку согласно современным представлениям необратимая деформация кристаллических тел осуществляется за счет последовательного движения дефектов решетки по определенным кристаллографическим плоскостям, то величина напряжения, заставляющего двигаться тот или иной дефект, будет также зависеть от энергетической характеристики дислокации и степени совершенства кристаллической решетки основного материала. Примеси других элементов, находящихся в металле или выпадающих во время деформации, затрудняют процесс скольжения. Повышение сопротивления деформации от выпавших частичек, зависит не только от модуля сдвига. Немаловажную роль в этом случае играет расстояние между частичками или их объемная концентрация в местах сдвигов, поскольку мелкодисперсные частицы в известной мере являются тормозом движению дислокаций.

Концентрация мелкодисперсных фаз в местах сдвигов, безусловно, зависит от природы материала и температурно-скоростных условий деформирования, определяющих интенсивность протекания процесса деформационного старения. Очевидно, в свою очередь, расстояние между частицами определяется величиной и характером силового поля, накладываемого внешней нагрузкой. Если в плоскости движения дислокаций будет действовать нормальное напряжение, то расстояние между частицами примесей будет изменяться в зависимости от величины и знака нормального напряжения. Сжимающее напряжение будет сближать отдельные частицы, способствуя их концентрации в плоскостях сдвигов. При действии растягивающих напряжений, вероятно, будет происходить обратный процесс, то есть уменьшение концентрации частиц и снижение критического сдвигающего напряжения.

Таким образом, предварительно деформируя металл в условиях различных схем напряженного состояния, вообще говоря, можно получить неодина-

ковый эффект изменения сдвигающего напряжения с ростом степени деформации. При этом в каждом отдельном случае необходимо соблюдать условие первоначальной изотропности материала по структуре и механическим свойствам, иначе этот фактор неизбежно будет вносить соизмеримые погрешности в отдельные результаты в дальнейших испытаниях на усталостную прочность металлов.

УДК 621.78:539.53

Сивцова П. А., Шепелевич В. Г.

## ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БЫСТРОЗАТВЕРДЕВШИХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Al-Ni-Cr И ИХ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИ ОТЖИГЕ

*Белорусский государственный университет  
Минск, Беларусь*

Быстрозатвердевшие сплавы алюминия обладают многими полезными с технической точки зрения качествами, например, повышенной твердостью. Вместе с тем, их термическая стабильность часто оставляет желать лучшего. Для широкого применения быстрозатвердевших сплавов целесообразно отыскать такие составы и методы их приготовления, которые позволили бы длительное время сохранять высокие механические свойства, присущие исходным состояниям таких сплавов, даже при работе в сложных температурных условиях.

Одной из перспективных систем подобного типа является система Al-Ni-Cr. Проведенные ранее исследования сплавов Al-1,7 % Ni-0,44 % Cr, Al-0,85 % Ni-0,22 % Cr, Al-0,42 % Ni-0,11 % Cr (все проценты здесь и далее — атомные) подтвердили высокую термическую устойчивость и хороший потенциал механических характеристик сплавов этой системы [1]. В развитие исследований по этой системе в представленном докладе изложены результаты исследований физических свойств и их изменений при отжиге у быстрозатвердевшего сплава системы Al-Ni-Cr с другим относительным содержанием легирующих компонент.

Сплав номинального состава Al-0,6 % Ni-0,6 % Cr был получен сплавлением алюминия чистотой 99,99 % со сплавами Al-2,4 % Ni и Al-1,5 % Cr в муфельной печи. Быстрозатвердевший сплав в виде фольги получался путем инъекции капли расплава (~0,2 г) на внутреннюю полированную поверхность вращающегося медного цилиндра. Максимальная длина полученных образцов достигала 7 см, их ширина — 10 мм. Толщина исследуемой фольги находилась