

ЭВОЛЮЦИЯ ЗОН КОНЦЕНТРАЦИИ НАПРЯЖЕНИЙ В БИМЕТАЛЛЕ В ПРОЦЕССЕ ЕГО ПРОИЗВОДСТВА

Д.В. Ноняк, О.Л. Первухина

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения им. А.Г. Мержанова Российской академии наук, Черноголовка, Россия

* opervukhina@mail.ru

Настоящая работа посвящена вопросу влияния энергетических воздействий и термообработки на уровень напряженно-деформированного состояния во всем объеме биметалла неразрушающим методом магнитной памяти.

Данный метод основан на регистрации собственных магнитных полей рассеивания (СМПР), возникающих в зонах устойчивых полос скольжения в магнитном поле Земли [1]. Возникновение СМПР обусловлено формированием доменов и их рост на скоплении дислокаций высокой плотности в зонах концентрации напряжений. Отметим, что с искусственным намагничиванием в металлах такой источник информации, как собственное магнитное поле, получить невозможно. Только в малом внешнем магнитном поле, каким является поле Земли, когда энергия деформации на порядок превосходит энергию внешнего магнитного поля, такая информация формируется и может быть получена [2].

Существующие методики определения зон концентрации напряжений методом магнитной памяти металла, направлены на контроль оборудования, конструкций и отдельных деталей, например лопатка паровой турбины [2]. Как правило, данные узлы изготавливаются из материалов, которые содержат один слой металлов. Стоит отметить, что опубликованных данных об исследовании эволюции напряженно-деформированного состояния изделий изготовленных из биметалла методом магнитной памяти металла в настоящее время нет. В связи с этим главной задачей работы является разработка методики исследования напряженно-деформированного состояния биметалла, полученного сваркой взрывом неразрушающим методом магнитной памяти и экспериментальное определение зон концентрации напряжений биметалла.

Сканирование поверхности проводили на исходных материалах, после сварки взрывом и после термообработки. Основной слой биметалла - конструкционная сталь

марки 09Г2С, плакирующий слой биметалла коррозионно-стойкая жаропрочная сталь марки 08Х13. Нагружение пластин проводили по параллельной схеме на опоре из песчаного грунта при $V_D = 2350$ м/с, $r = 1,2$. Сканирование объектов исследования осуществлялось с помощью измерительной системы ИКН-4М-16 со сканирующим устройством Тип 1. Обработка полученных магнитограмм осуществлялась в программном обеспечении MMMS 3.0. Сканирование биметалла 09Г2С+08Х13 габаритами $14(10+4) \times 250 \times 999$ мм проводили неразрушающим методом ММП, со стороны основного и плакирующего слоя по тем же линиям сканирования.

Качественным критерием зон концентрации напряжений для метода магнитной памяти металлов служит наличие в исследуемой зоне линий, характеризующихся сменой знака нормальной составляющей магнитного поля рассеивания H_p . При этом линия $H_p=0$ соответствует линиям концентрации напряжений [3].

При исследовании магнитограмм выявлено, что в исходных материалах наблюдаются зоны с резким изменением значений градиента поля (dH/dx) по длине образцов (рис. 1 а, б). Эти области соответствуют зонам концентрации напряжений в исходном материале, которые расположены на начальных и конечных участках основного металла (рис. 1 а). Идентичная картина распределения нормальной составляющей поля H_p и значения градиента поля (dH/dx) по длине наблюдается и в плакирующем слое (рис. 1 б). Возникновение данных зон, связано с пластическим деформированием этих зон при резке исходных материалов под требуемый размер для экспериментов на гильотине. Отметим, что критических изменений значений градиента поля (dH/dx) по остальному объему исходных материалов не наблюдается. Появление этих зон свидетельствует о том, что в процессе сварки взрывом возникает сложное напряженно-деформированное состояние, которое связано с деформациями изгиба, которые наблюдаются в начале процесса. Далее происходит изменение вида деформации на сдвиговую (линейную), т.е. возникают механизмы растяжения в средней части биметалла, которые приводят к лавинообразному процессу линейной деформации.

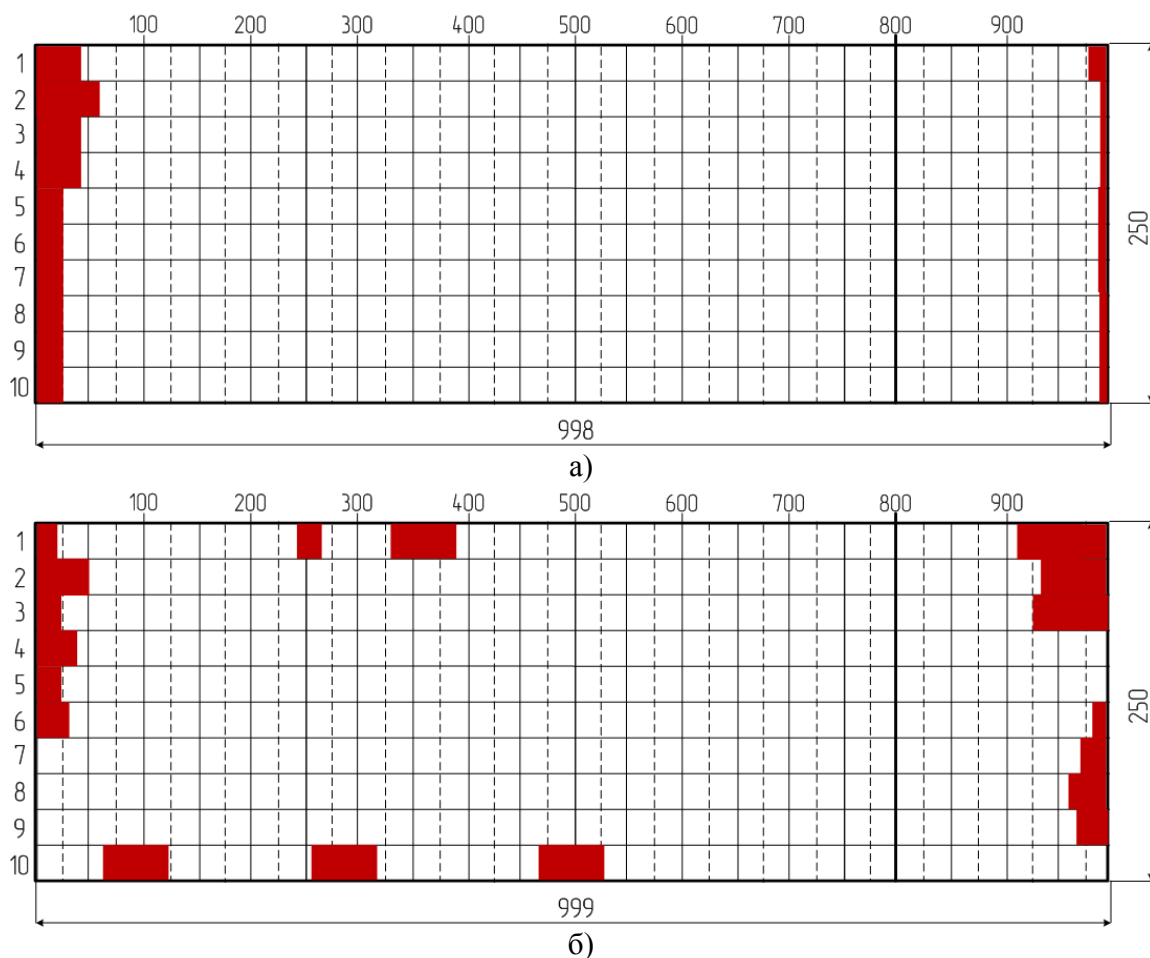


Рис. 1. Схема расположения зон концентрации напряжений до сварки взрывом исходных материалов, где а – плакирующий слой 08X13; б – основной слой 09Г2С.

При исследовании магнитограмм биметалла был выявлен рост значений градиента поля (dH/dx) по длине, а также увеличение количества зон концентрации напряжений (рис. 2 а, б). Также стоит отметить, что со стороны основного слоя уровень градиента поля (dH/dx) по длине выше, чем со стороны плакирующего, это свидетельствует о том, что в процессе сварки основной слой претерпевает более интенсивную пластическую деформацию. Из представленных схем распределения зон концентрации напряжений для биметалла 09Г2С+08X13 можно наблюдать неравномерность распределения данных зон: в начале процесса сварки взрывом, в средней части биметалла и на конечном его участке.

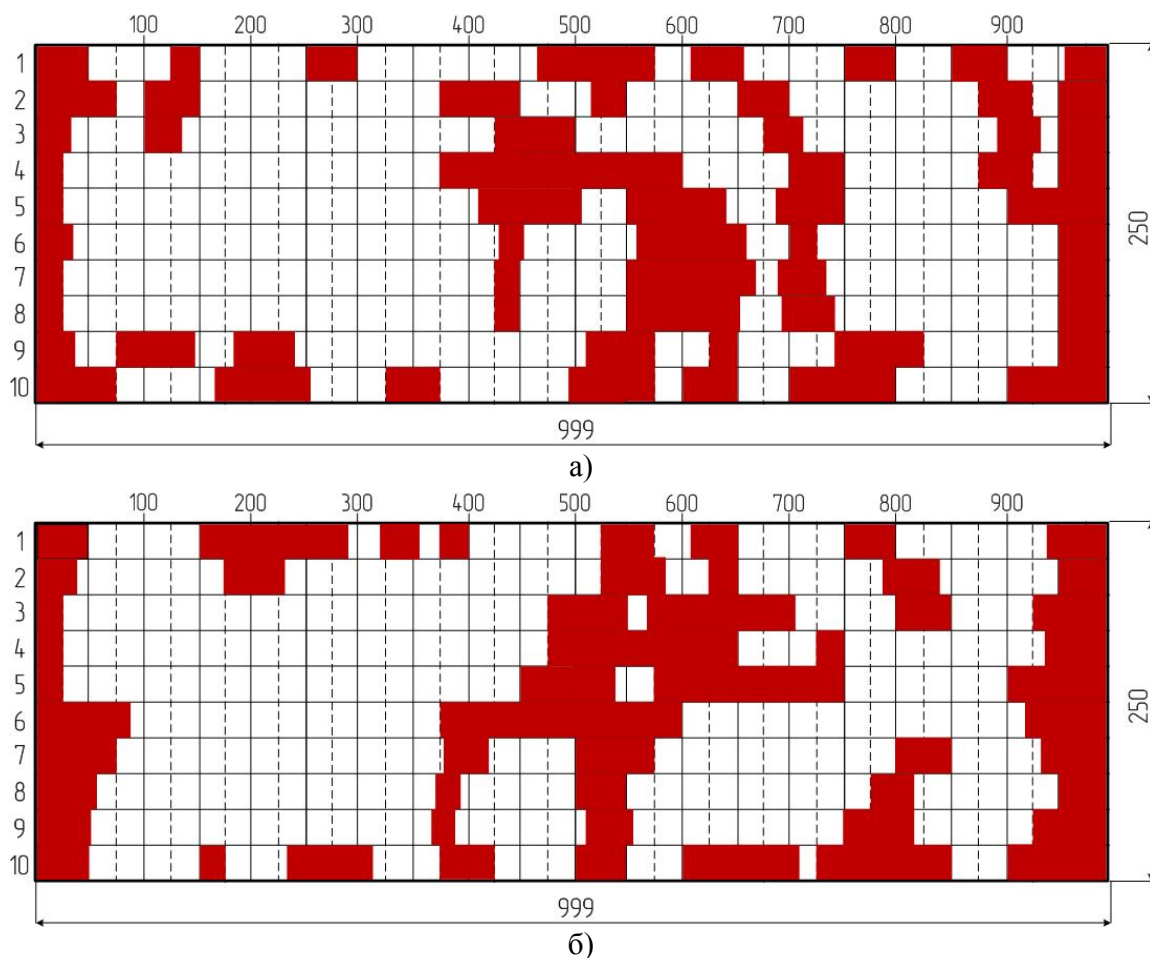


Рис. 2. Схема расположения зон концентрации напряжений биметалла, где а – расположение зон КН в плакирующем слое; б – расположение зон КН в основе.

Таким образом, методика исследования эволюции напряженно-деформированного состояния до и после сварки взрывом материалов неразрушающим методом магнитной памяти позволяет определить зоны концентрации напряжений в биметалле.

Выявлено, что после сварки взрывом уровень напряженно-деформированного состояния по всему объему биметалла увеличивается по сравнению с исходными материалами до сварки взрывом и расположение зон с максимальными значениями напряжений определяется особенностями деформации в этих зонах.

Установлены 3 характерные зоны концентрации напряжений после сварки взрывом: первая – деформация изгиба в начале процесса сварки взрывом; вторая – начало процесса линейной деформации; третья – лавинообразный процесс линейной деформации на конечном участке биметалла.

Указанная методика была успешно применена при определении оптимальной температуры термообработки биметалла при снятия остаточных напряжений для пары сталь+титан. Специфика процесса сварки взрывом определяет некоторые особенности распределения остаточных напряжений при термической обработке: с одной стороны снимаются сварочные напряжения, с другой стороны возникает новое поле остаточных напряжений, вызванное различием коэффициентов линейного расширения в стали - растяжения, в титане сжатия. Экспериментально методом магнитной памяти металла показано, что при нагреве до $460 \pm 20^\circ\text{C}$ и охлаждении с печью до 200°C уровень напряженно-деформированного снижается в 3-4 раза и протяжённость зон концентрации напряжений на 20-30% по сравнению с уровнем до термической обработки

Литература

- [1] Дубов А.А. Исследование свойств металла с использованием метода магнитной памяти // *Металловедение и термическая обработка металлов*. № 9, 1997..
- [2] . В.Т. Власов, А.А. Дубов. Физическая теория процесса «деформация-разрушение» . Ч. 1. Физические критерии предельных состояний металла. – М.: ЗАО «Тиссо», 2007. – 517 с
- [3] В.Т Власов, А.А Дубов. Физические основы метода магнитной памяти металла. М.: ЗАО "ТИССО", 2004. – 424с.