

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ДИФФУЗИОННОГО СОЕДИНЕНИЯ СТАЛЬ 45 / Ni / СТАЛЬ 45

Сартпаева А. Б.

научный руководитель - канд. техн. наук Зеер Г.М.

Сибирский Федеральный университет

Диффузионная сварка – это способ получения монолитного соединения, образовавшегося вследствие возникновения связей на атомном уровне, появившихся в результате максимального сближения контактных поверхностей за счет локальной пластической деформации при повышенной температуре, обеспечивающей взаимную диффузию в поверхностных слоях соединяемых материалов. Диффузионная сварка позволяет получить качественное соединение деталей и узлов из однородных и разнородных металлов, а так же металлов и их сплавов с неметаллами. В настоящее время получено более восьмисот пар соединений различных материалов.

При соединении некоторых материалов воздействие температур выше $0,7 T_{пл}$ и давлений выше $0,8$ предела текучести σ_T может привести к необратимым изменениям исходных свойств свариваемых материалов. Поэтому интенсификация процесса диффузионной сварки, позволяющая получить высококачественные соединения при более низких температурах и давлениях, является важной задачей. Применение прослоек, выполненных из порошков металлов, например, никеля, меди и др. позволяет активировать процессы образования соединений при более низких температурах. Этот метод позволяет успешно решить проблему получения сварных соединений по всем характеристикам (прочность, пластичность, термостойкость, электропроводность), идентичным исходным материалам. Все физико-механические свойства структурно чувствительны, поэтому изучение микроструктуры, элементного состава, фаз, формирующихся в процессе диффузионной сварки является актуальным.

Для исследования микроструктуры диффузионного соединения, определения ширины переходной зоны были получены образцы сталь 45/Ni/сталь 45. Диффузионная сварка была проведена при температурах $600\text{ }^{\circ}\text{C}$, $700\text{ }^{\circ}\text{C}$, $850\text{ }^{\circ}\text{C}$, при давлении, равном 10 МПа , время изотермической выдержки составляло 20 мин . Прослойка из

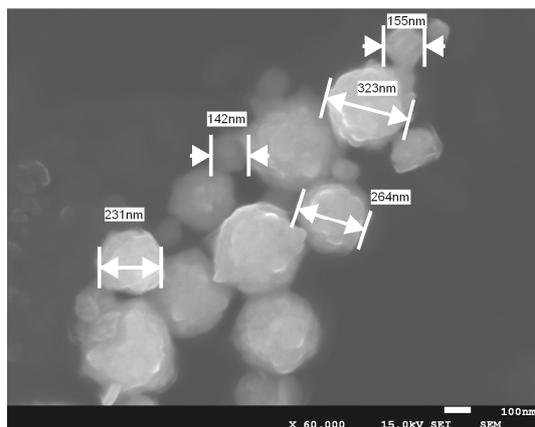


Рис. 1. Электронно-микроскопическое изображение субмикронного порошка никеля

субмикронного порошка никеля используется для активации диффузионных процессов, вследствие чего появляется возможность получения диффузионного соединения при более низких температурах. Общий вид порошка никеля приведен на рис.1, средний размер частиц составляет $280\pm 50\text{ нм}$. При использовании порошковой прослойки при диффузионной сварке одновременно идет спекание порошка и формирование переходной зоны между никелевой прослойкой и сталью. Эти процессы проходят в твердой фазе по диффузионному механизму.

На полученных образцах электронно-микроскопическими методами была исследована микроструктура, элементный состав диффузионных соединений, по концентрационным кривым определена ширина переходной зоны.

Микроструктура образца, полученного при температуре 600 °С содержит большое количество дефектов в виде пор и трещин, расположенных как в прослойке, так и по границе соединения (рис. 2, *a*). Кроме того прослеживается четкая граница между соединяемыми материалами и порошковой прослойкой. Наличие такого количества дефектов, позволяет сделать вывод, что температура 600 °С является недостаточной, спекание субмикронного порошка никеля практически не происходит, на этой стадии идет формирование межчастичных контактов.

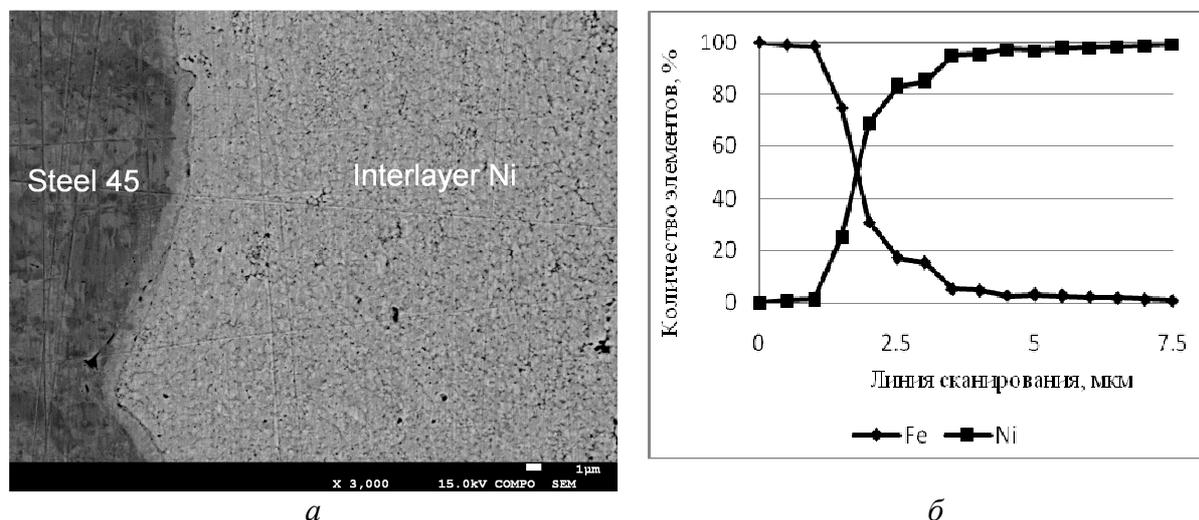


Рис. 2. Электронно-микроскопическое изображение соединения сталь 45 / прослойка Ni / сталь 45, полученного при температуре 600 °С (*a*), концентрационные кривые распределения элементов по линии сканирования диффузионных соединений (*б*)

На изображении микроструктуры соединений, полученных при температуре 700 °С (рис. 3, *a*) и 850 °С (рис. 4, *a*), выявлено меньшее количество дефектов и видны более однородные по структуре области, сформированные вдоль порошковой прослойки, что позволяет сделать вывод об образовании переходной зоны сталь 45 / прослойка Ni.

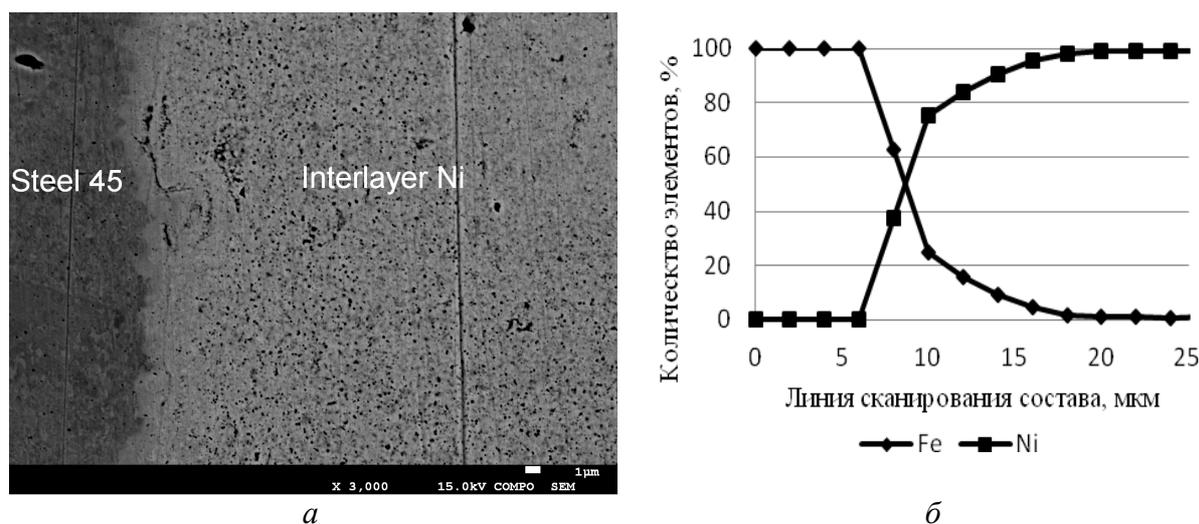


Рис. 3. Электронно-микроскопическое изображение соединения сталь 45 / прослойка Ni / сталь 45, полученного при температуре 700 °С (*a*), концентрационные кривые распределения элементов по линии сканирования диффузионных соединений (*б*)

Методом энергодисперсионного микроанализа был определен элементный состав по ширине переходных зон и порошковой прослойки. Шаг сканирование состава равен 2 мкм. По данным микроанализа построены концентрационные кривые распределения химических элементов по линии сканирования (рис. 3, б, 4, б, 5, б), ширина переходных зон составляет: 600 °С – $3,5 \pm 0,5$ мкм, 700 °С – 15 ± 5 мкм, 850 °С – 25 ± 5 мкм, что позволяет говорить о сформированных диффузионных соединениях при температурах 700 °С и 850 °С.

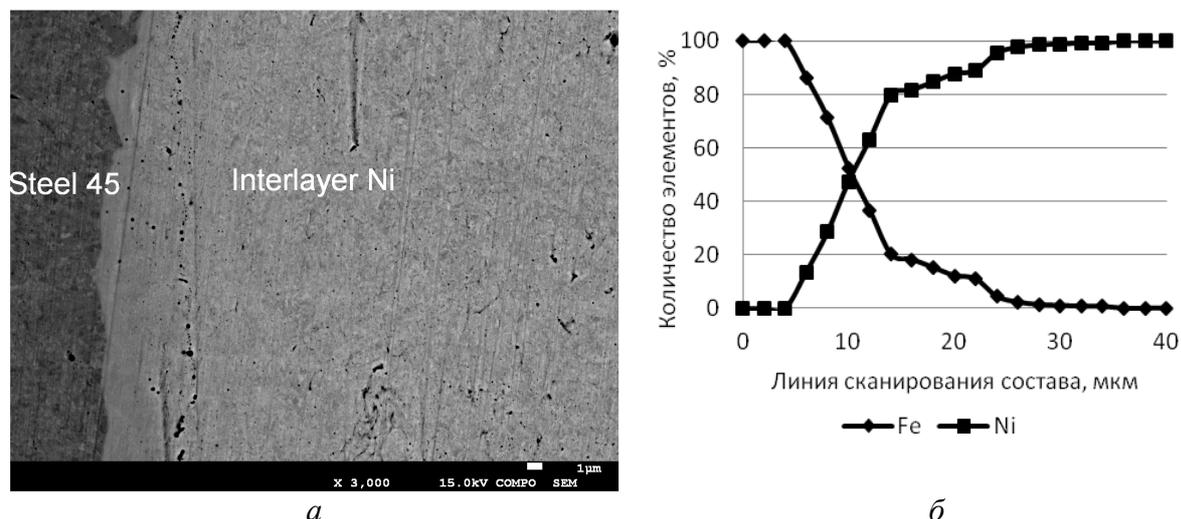


Рис. 4. Электронно-микроскопическое изображение соединения сталь 45 / прослойка Ni / сталь 45, полученного при температуре 850 °С (а), концентрационные кривые распределения элементов по линии сканирования диффузионных соединений (б)

Определение фаз, формирующих диффузионное соединение, было проведено с использованием диаграммы фазового состояния Fe-Ni. При содержании никеля до 2% образуется твердый раствор на основе α -Fe, при повышении концентрации появляется химическое соединение FeNi_3 .

Анализ микроструктуры и элементного состава диффузионных соединений, выявленная экспериментально ширина переходных зон позволяют определить оптимальную температуру диффузионной сварки образцов стали 45 через порошковую прослойку из субмикронного порошка никеля.

Выводы.

1. Исследована микроструктура соединяемых материалов, прослойки никеля и формирующийся диффузионной зоны образцов, полученных при температурах 600 °С, 700 °С и 850 °С. Выявлено большое количество дефектов в виде пор и трещин, как в прослойке, так и по границе соединения, полученного при температуре 600 °С. При температуре 700 °С и 850 °С получено более качественное соединение, в котором меньшее количество дефектов, и видны более однородные по структуре области, сформированные вдоль порошковой прослойки, что позволяет сделать вывод об образовании переходной зоны сталь 45 / прослойка Ni.

2. Построены концентрационные кривые распределения химических элементов по линии сканирования состава и определена ширина переходных зон. На основании проведенных исследований: оптимальная температура диффузионной сварки образцов стали 45 через прослойку из субмикронного порошка никеля составляет 700 °С.