

В качестве аппроксимирующей функции плотности распределения размера дефекта можно использовать: двухпараметрический закон Вейбулла – Гнеденко, распределение Эрланга, законы нормального и равномерного распределения. Размер критического дефекта можно найти через характеристики статической трещиностойкости. Функция риска $h(t)$ определяется из выражения

$$h(t) = F'(t) / (1 - F(t)), \quad (2)$$

где $F'(t)$ – производная функции распределения ресурса по времени t .

Эксплуатация целого ряда механизмов недопустима при наличии в ответственных деталях макроскопических трещин. Ресурс таких деталей будет лимитироваться временем развития малых трещин до образования одной или нескольких макротрещин длиной, достаточной для их надежной идентификации методами неразрушающего контроля.

УДК 621.7.044

СВАРКА ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ. ОСОБЕННОСТИ, ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ, АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ

Д. П. Рудак, К. В. Черневич, О. П. Штемпель

Полоцкий государственный университет, Новополоцк

Сварка трением с перемешиванием (FSW – Friction Stir Welding) – процесс сварки в твердой фазе без расплавления металла.

Проведены исследования зависимости между скоростью вращения и максимальной температурой при ротационной сварке алюминиевого сплава АД35 (рис. 1). Перепад температур на поверхностистыка и у его корня влияет на процесс деформации сверхпластичного металла.

Установлено, что при увеличении частоты вращения (возрастании энерговложения) твердость по сечению ядра сварной точки более однородна, что влечет увеличение размеров зерен.

Проведено сравнение сварки трением с перемешиванием с другими методами сварки. Деформация минимально ограниченного пространства при малом тепловложении и при твердом состоянии материала определяет качество сварки трением с перемешиванием выше качества других методов сварки (рис. 2).

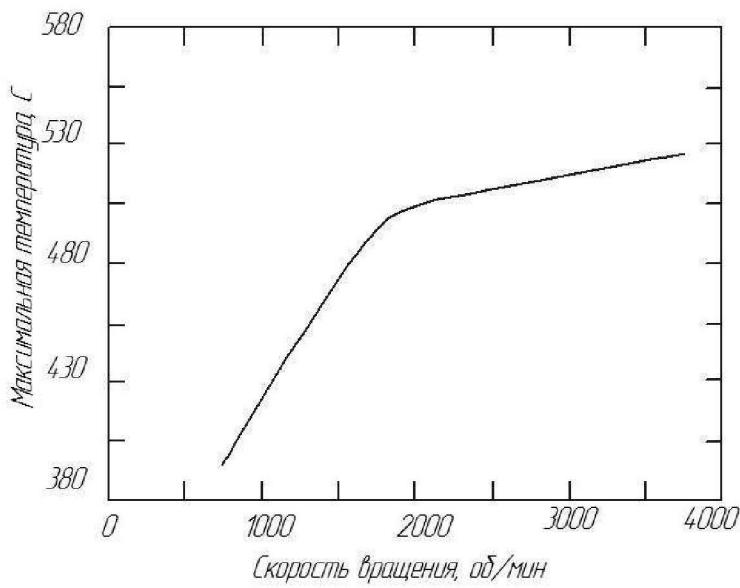


Рис. 1. Зависимость между скоростью вращения инструмента и температурой в зоне сварки [2]

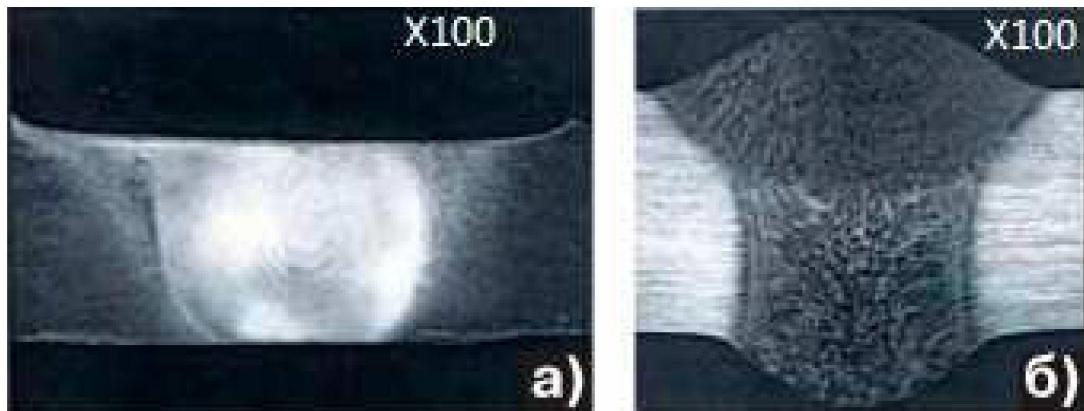


Рис. 2. Сечение швов, полученных сваркой трением с перемешиванием (а) и с помощью электродуговой аргоновой сварки (б)

Проведенные исследования свойств соединений сваркой трением с перемешиванием высокопрочных алюминиевых сплавов АМг4 и АМг5 (группы Al – Mg) и АД35 (группы Al – Si – Mg), показали, что по пределу прочности соединение сплавов АМг4 и АМг5 близко к основному. Для соединения сплава АД35 коэффициент прочности снижается до ~0,65 [2] вследствие разупрочнения ЗТВ, по которой при испытании идет разрушение. У сварных образцов сплавов АМг4 и АМг5 разрушение происходит в зоне ядра шва. Установлено [1], что σ_c соединения увеличивается при увеличении скорости сварки и частоты вращения инструмента до определенного значения. При дальнейшем увеличении этих параметров σ_c соедине-

ния сплавов АМг4 и АМг5 снижается, как и сплава АД35, если продолжать увеличивать скорость сварки.

Уровень усталостной прочности соединений после сварки трением с перемешиванием термически не упрочняемых сплавов АМг4 и АМг5 также выше при меньшей дисперсии значений, чем термически упрочняемого сплава АД35.

Результаты испытания соединений сплавов АМг6 на общую коррозию, межкристаллитную коррозию и коррозию под напряжением в агрессивной среде, в т.ч. в контакте с компонентами топлива, показывают значительное преимущество сварки трением с перемешиванием перед сваркой плавлением. Также сообщается о высоких показателях механических свойств соединений алюминиевых сплавов АМг4 и АМг5, 1201 и АМг6 при криогенной и повышенной температурах (рис. 3).

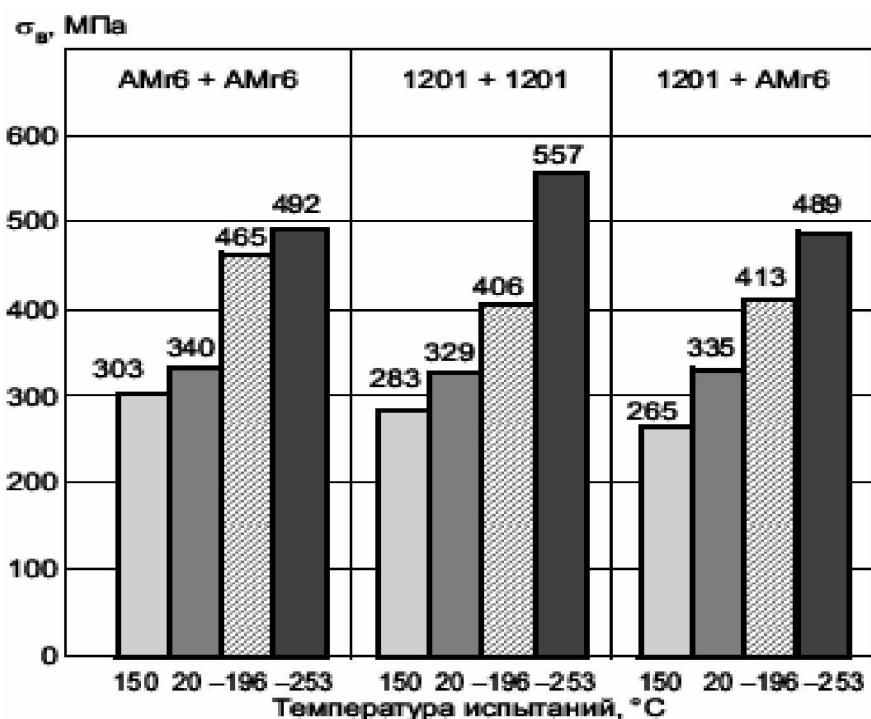


Рис. 3. Механические свойства соединений, полученных фрикционной сваркой (приведены минимальные значения, испытывали 5 образцов толщиной 4,0 мм)

Предложено использовать процесс сварки трением с перемешиванием для сварки разных типов соединений – нахлесточных, угловых, тавровых. Однако в связи с особенностями геометрии соединений и проведения самого процесса сварки трением с перемешиванием тавровых и угловых соединений возникает проблема формирования галтелей с плавным сопряжением поверхностей элементов профиля.

Мало изученными остаются процессы сварки трением с перемешиванием материалов с более высокой, чем у алюминиевых сплавов, температурой перехода в пластическое состояние, например, сплавов магния AZ31 и AZ91, меди и медных сплавов, титановых сплавов и сталей.

Анализ полученных в результате исследований технологий и рабочих характеристик соединений алюминиевых сплавов разных групп легирования в разноименном сочетании позволяет делать выводы о возможности их практического использования в конструкциях изделий ответственного назначения.

Слабоизученным остается процесс сварки трением с перемешиванием разнородных материалов (с большим различием термомеханических характеристик). Имеющиеся результаты исследований не позволяют судить о готовности к промышленному применению процесса сварки таких материалов. Имеются сведения об исследованиях процесса сварки трением с перемешиванием соединений в сочетаниях алюминиевый сплав с магниевым сплавом, медным сплавом и сталью [4]. Получены некоторые представления об особенностях процесса, сформулированы требования к ориентации инструмента относительно линии стыка, определена область оптимальных скоростей вращения инструмента и другие параметры, например, при сварке трением с перемешиванием алюминиевого сплава АМг4 с низкоуглеродистой сталью 30. Прочность соединения при этом составила 0,86 прочности основного материала (алюминиевого сплава) [3].

Литература

1. Сеть профессиональных контактов специалистов сварки [Электронный ресурс] / Сварка трением с перемешиванием. – М., 2008. – Режим доступа: <http://www.weldzone.info/technology/ets/497-svarka-treniem-s-peremeshivaniem>. – Дата доступа: 15.04.2012.
2. Karlsson, J. Microstructure and properties of friction stir welded aluminium / J. Karlsson, B. Karlsson, H. Larsson // INALCO'98, 7th International Conference «Joints in aluminium». Cambridge (UK), 1998.
3. Особенности формирования соединения из разнородных алюминиевых сплавов Д19 и 1420 при фрикционной сварке линейных швов / М.М. Штрикман [и др.] // Сварочное производство. – 2005. – № 1. – С. 15 – 21.
4. Cederqvist, L. Factors affecting the properties of friction stir welded aluminium lap joints / L. Cederqvist, A.P. Reynolds // Welding Journal. – 2000. – № 12. – P. 281 – 287.