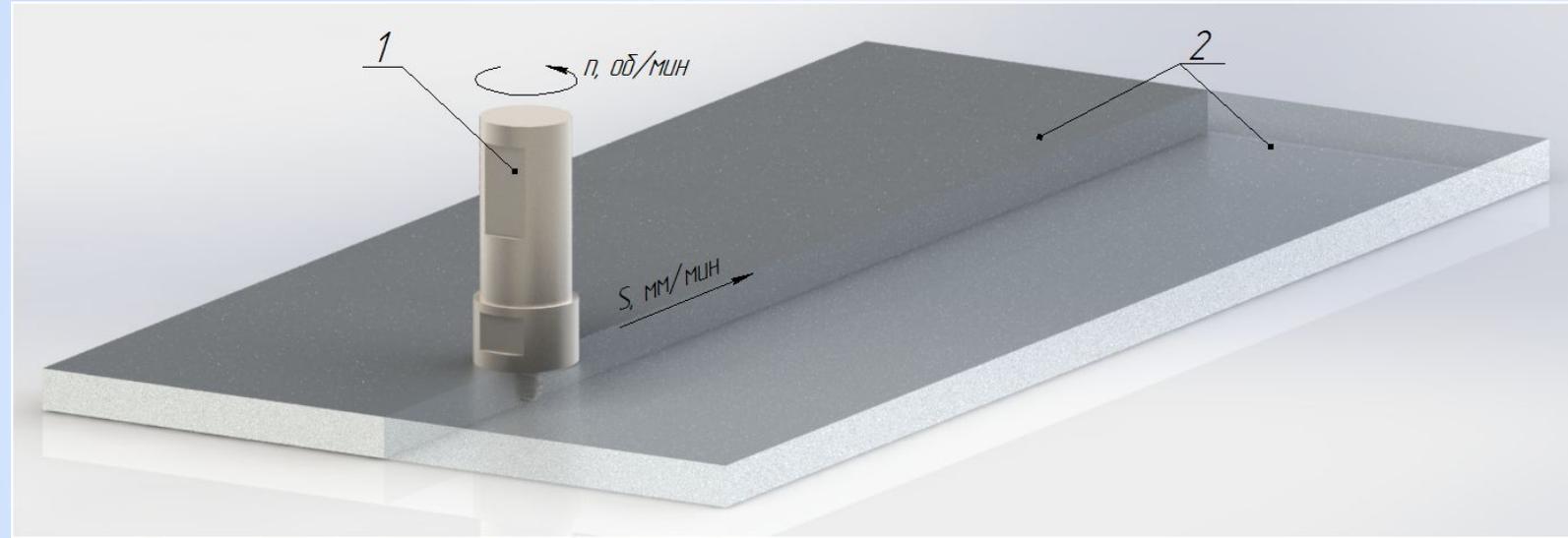


**Инновационный проект
«Разработка способа сварки
трением с перемешиванием
криволинейных поверхностей
сложной формы»**

Заявитель проекта: Черных И. К.,
лаборант, каф. «МРСиИ»

Представление технологического процесса



Относительно новым методом образования неразъёмного соединения является сварка трением с перемешиванием (СТП). Метод был реализован в 1991 г. в Британском институте сварки [1]. СТП относится к термомеханическому классу сварки и является одной из схем сварки трением. В процессе сваривания, в стык неподвижных деталей внедряется вращающийся инструмент на глубину, примерно равную толщине свариваемых деталей. По мере врезания инструмента вследствие трения и деформаций происходит нагрев металла до пластичного состояния, в этом состоянии металл перемешивается с последующим образованием мелкозернистой структуры шва. После врезания инструмента, вращающегося со скоростью n (об/мин), на нужную глубину до упора буртиком в свариваемые пластины происходит подача инструмента S (мм/мин) вдоль линии стыка.

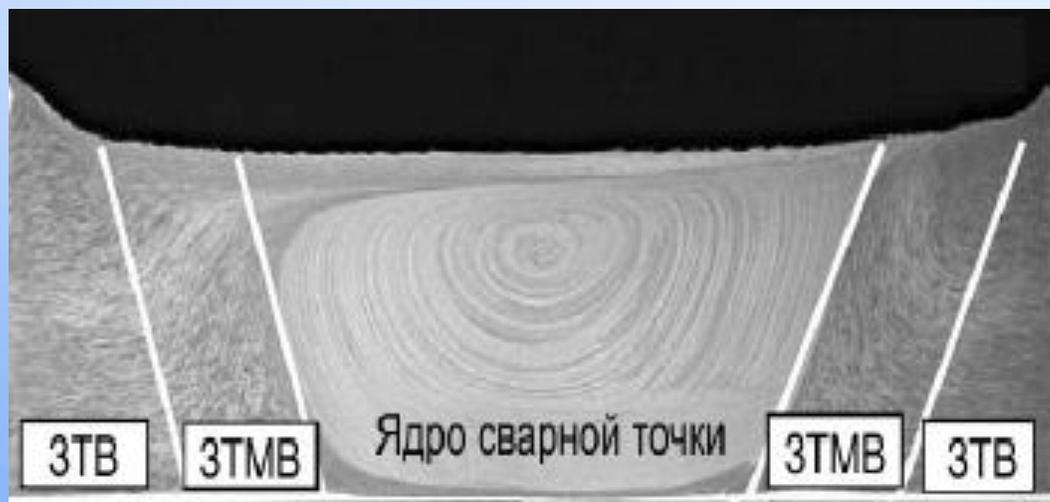
В настоящее время СТП используется крупными компаниями, такими как NASA, Lockheed Martin, Boeing, Mazda, Mitsubishi, ГКНПЦ им. М. В. Хруничева, ОКБ Сухого и др.

Также процесс исследуется во многих институтах за рубежом и в России.

В исследовании [2] утверждается, что сварной шов имеет прочность, равную примерно 0,8 прочности основного металла.

На базе центра подготовки высококвалифицированных инженерных кадров для ПО «Полёт» при помощи исследовательской установки для сварки трением с перемешиванием были получены образцы сварных швов на пластинах из сплава АМгб толщиной 2 мм. Затем, при помощи системы для усталостных испытаний Instron 8802 были проведены испытания на разрыв при растяжении (при постоянной скорости растяжения $v=2$ мм/мин). Полученные результаты соответствовали данным исследования.

Разрушение сварного шва при растяжении чаще всего происходит на границе зоны термического влияния и зоны термомеханического влияния, что подтверждается в исследовании [3]. Также при испытаниях на изгиб разрушение происходит в основном металле. На границе этих зон происходит резкое изменение размера зёрен, поскольку в зоне ядра сварной точки зёрна значительно меньше зёрен основного металла.



В то же время сварные швы, полученные этим методом сварки, считаются превосходящими по прочности другие методы сварки и, соответственно, более эффективными. Поэтому этот метод нашёл широкое применение в авиационной, судостроительной и космической отраслях. В США доля сварных швов, полученных методом СТП в настоящее время составляет 80% от доли всех производимых сварных швов. Испытания на усталость свидетельствуют о более высоком уровне механических свойств соединений при СТП по сравнению с аналогичными при аргонодуговой сварке [4]. Тем не менее, несмотря на высокую прочность, шов остаётся уязвимым местом в таких ответственных конструкциях, поскольку имеет прочность меньшую, чем прочность основного металла.



Бак ракеты-носителя Falcon 9



Часть фюзеляжа самолёта на фирме Boeing

Для того, чтобы довести прочность сварного шва до уровня прочности основного металла планируется провести исследование по влиянию температурного воздействия на качество сварного шва, поскольку размер зёрен и область изменения их размеров в значительной степени обуславливается действующей во время процесса сварки температурой. По результатам исследования планируется разработка способа сварки трением с перемешиванием, который позволит обеспечить плавный переход размеров зёрен между зоной термического влияния и зоной термомеханического влияния.

Температурное воздействие на свариваемые детали



Техническая значимость проекта

Данное исследование является актуальным, поскольку направлено на повышение качества нового, широко используемого на западе и осваиваемого в России метода сварки. В результатах исследования заинтересованы предприятия ГКНПЦ им. М. В. Хруничева, филиал ГКНПЦ им. М. В. Хруничева ПО «Полёт» и судостроительные корпорации.

Планируемая разработка имеет высокую возможность коммерциализации вследствие своей актуальности.

Предполагается, что данное исследование окажет значительное влияние на развитие сварки трением с перемешиванием в России и на увеличение количества предприятий, применяющих этот метод сварки, поскольку результат позволит повысить качество сварного шва.

Комплекс мероприятий по плану реализации проекта включает в себя:

1. Предварительную подготовку данных для осуществления качественного исследования.
2. Закупка заготовок из сплава АМгб, газа, жидкого азота, материала для изготовления приспособлений, оснастки и инструмента для СТП.
3. Проведение серии экспериментов с предварительным нагревом свариваемых деталей в области их стыка при помощи различных средств, таких как: нагрев горячим воздухом, газоздушный нагрев; предварительный нагрев инструмента
4. Проведение серии экспериментов с нагревом свариваемых деталей в области их стыка по мере подачи инструмента при помощи перечисленных средств.
5. Проведение серии экспериментов с охлаждением сварного шва при помощи жидкого азота по мере подачи инструмента.
6. Моделирование сварки корпуса судна при помощи промышленного робота в лаборатории сборочного производства.
7. Анализ прочности полученных сварных швов.
8. Анализ микроструктуры полученных сварных швов.
9. Анализ дефектов полученных сварных швов.
10. Создание методики сваривания криволинейных поверхностей сложной формы.
11. Комплексный анализ полученных результатов и разработка, на основе данных исследования, способа сварки трением с перемешиванием.
12. Дальнейшее развитие проекта и привлечение интереса предприятий к результатам исследования.

Экономический эффект проекта

Разработанный способ сварки позволит повысить производительность процесса изготовления деталей авиационной и судостроительной промышленности не менее, чем на 30%.

Список используемой литературы:

1. Thomas W. M., Nicholas E. D., Needham J. C., Murch M. G., Templesmith P., and Dawes C. J., G. B. Patent Application №. 9125978.8 (1991).
2. В.И. Лукин, Е.Н. Иода, А.В. Базескин, И.П. Жегина, Л.В. Котельникова, В.В. Овчинников
Сварка трением с перемешиванием высокопрочного алюминиево-литиевого сплава В-1469
// Сварочное производство- 2012-№ 4-с. 45-48.
3. W.M. Thomas, P.L. Threadgill and E.D. Nickolas Friction Stir Welding of Steel: Part Three // TWI Ltd, Cambridge, United Kingdom , 2008
4. Ericsson M., Sandstorm R. Influence of welding speed on the fatigue of friction stir welds, and comparison with MIG and TIG// International Journal of Fatigue. – 2003. – №25. – P. 1379 – 1387.