

УДК 629

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СБОРОЧНО- СВАРОЧНОГО МАНИПУЛЯТОРА

Щеголева Ольга Анатольевна¹, аспирант

e-mail: shh151@mail.ru

Бурмистрова Анастасия Евгеньевна¹, магистрант

e-mail: sovvesna@yandex.ru

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. В статье рассмотрены основные способы изготовления плоскостных секций и возможные технологические схемы организации их производства. Кроме того, представлен анализ технологических процессов изготовления плоских секций с помощью комплексно-механизированного сборочно-сварочного манипулятора. По результатам анализа операций выявлен количественный и качественный состав исполнительных механизмов манипулятора.

Ключевые слова: плоская секция, технологический процесс, схема организации производства, сборочно-сварочный манипулятор.

ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF MANUFACTURING CASE STRUCTURES USING ASSEMBLY-WELDING MANIPULATOR

Shchegoleva Olga Anatolyevna¹, Doctoral Student

e-mail: shh151@mail.ru

Burmistrova Anastasia Evgenievna¹, Master's Degree Student

e-mail: sovvesna@yandex.ru

¹ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

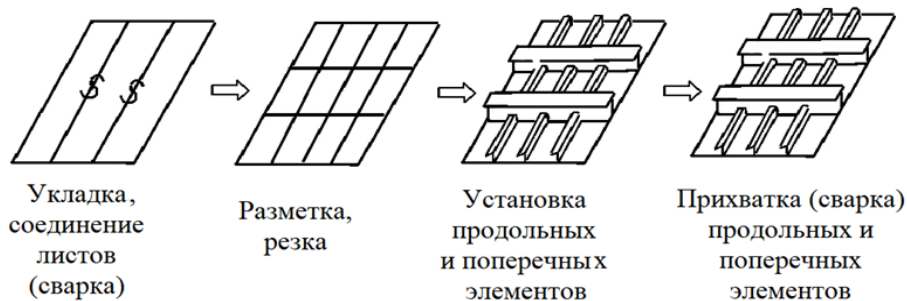
Abstract. The article discusses the main methods of manufacturing platform sections and possible technological schemes for organizing their production. In addition, an analysis of the technological processes for manufacturing flat sections using a complex mechanized assembly and welding manipulator is presented. Based on the results of the analysis of operations, the quantitative and qualitative composition of the executive principles of the manipulator was determined.

Keywords: flat section, technological process, production organization diagram, assembly and welding manipulator.

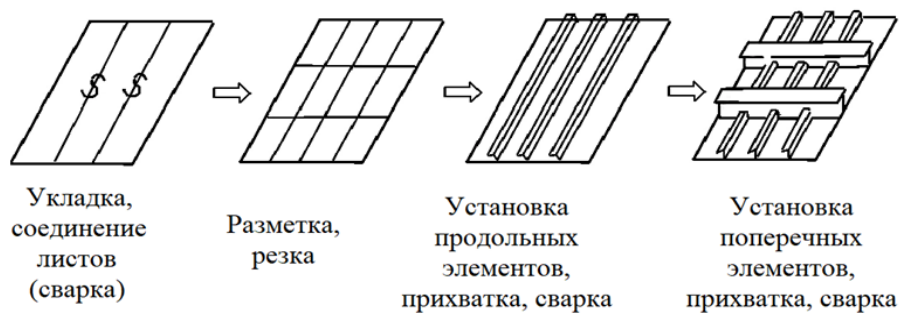
Введение

Наиболее распространёнными корпусными конструкциями в судостроении являются плоские секции. Изготовление корпусной конструкции типа «плоская секция» может производиться одним из трёх способов [1] (рис. 1).

Способ 1. Отдельная сборка остовов (секций)



Способ 2. Предварительная сборка продольных элементов



Способ 3. Сварка на козлах (каркасов)

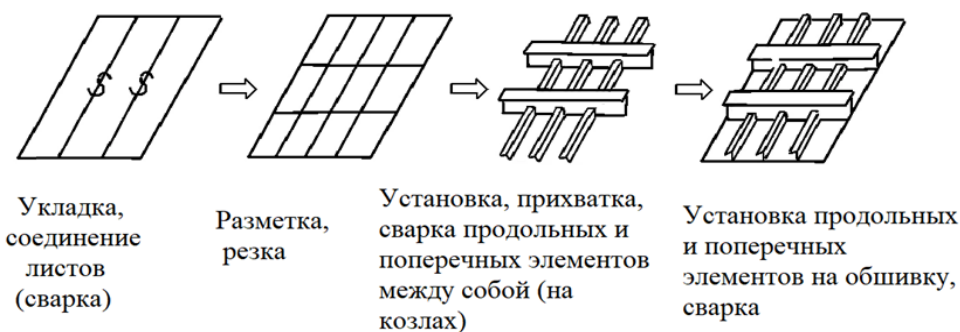


Рисунок 1 – Способы изготовления плоских секций

С учётом этого возможны следующие технологические схемы организации производства [2] (рис. 2):

- 1) на одном рабочем месте;
- 2) на одном рабочем месте с разбивкой конструкции на узлы и детали;
- 3) в потоке – последовательное выполнение операций при перемещении изделия.

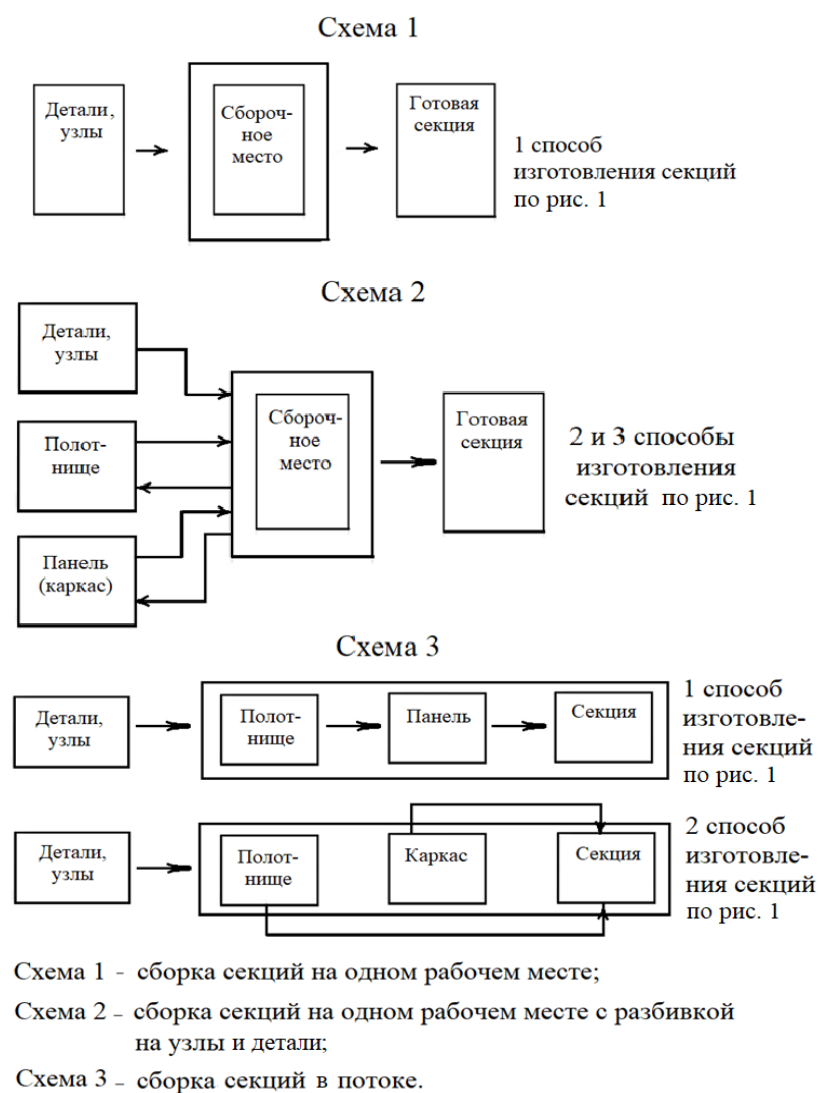


Рисунок 2 – Технологические схемы организации производства при изготовлении плоских секций

Выбор той или иной схемы зависит от программы загрузки и технической и технологической оснащённости предприятия. Исходя из этого можно рассматривать два варианта применения для изготовления секций специализированных средств технологического оснащения (СТО):

Вариант I – секция изготавливается на одном рабочем месте (или на нескольких рабочих местах – в потоке) группой специализированных агрегатов, каждый из которых предназначен для выполнения одной или двух технологических операций. Комплексно механизировать, а тем более автоматизировать, выполнение операций в этом случае затруднительно, так как более двух агрегатов на одном рабочем месте (позиции) не разместить. При изготовлении секций в потоке (что не всегда целесообразно ввиду незначительности программы загрузки) задача механизации и автоматизации решается проще, однако затруднительны загрузка агрегатов и их унификация. Затруднительна также перестройка производства при изменениях в программе (необходимо модернизировать старые или разрабатывать новые агрегаты);

Вариант II – секция изготавливается на одном рабочем месте или в потоке одним базовым агрегатом со сменными исполнительными механизмами (ИМ) – сборочно-

сварочным манипулятором (ССМ), при этом организация производства, как и способ изготовления, могут быть любыми. Изменение производственной программы ведёт только к изменению количества сборочно-сварочных манипуляторов и их комплектации исполнительными механизмами. Их загрузка может регулироваться изменением технологической схемы организации производства и перемещением ИМ. Таким образом, достигается определённая взаимозаменяемость и универсальность средств механизации и, как следствие, гибкость производства.

Следует заметить, что СТО для варианта I достаточно проработаны и успешно применяются практически на всех судостроительных предприятиях, несмотря на то что поточность изготовления секций достигается не всегда и загрузка этих СТО, даже в составе поточных линий, не превышает 30%. СТО же по варианту II – сборочно-сварочный манипулятор – до настоящего времени не разрабатывался, кроме нескольких попыток его обоснования в рамках НИР. И это несмотря на то, что в этом случае комплексная механизация и даже автоматизация изготовления секций возможны при любом способе изготовления конструкций, любой схеме организации их производства и при любой структуре программы предприятия¹.

Таким образом ССМ можно определить как самоходный агрегат-носитель с комплектом сменных ИМ для выполнения всех (или большей части) сборочно-сварочных и транспортных операций. При этом система управления ССМ предполагает поэтапную модернизацию, вплоть до его превращения в промышленный робот.

Применение ССМ допускает динамичное изменение схемы изготовления секций при изменении производственных факторов (производственной программы, условий производства, технологического процесса и т.д.).

Анализ технологических операций по изготовлению плоских секций

Анализ технологических операций по изготовлению плоских секций как наиболее распространенных корпусных конструкций приведён в табл. 1. При этом использованы результаты и выводы из работы [3]. В таблице представлен весь комплекс технологических операций независимо от способа изготовления и выбранной схемы технологического процесса.

Таблица 1

Состав технологических операций по изготовлению плоских секций на ССМ и их обеспечение ИМ

Операции техпроцесса (укрупнённые)	СТО по варианту I (поточная линия)	СТО по варианту II (ССМ)	Специальные ИМ ССМ, приспособления		Вид используемо й энергии (привод)	Возможное совмещение функций ИМ ССМ	
			СТО	Возможные ИМ ССМ		№ п/п ИМ	№ п/п совмещае мых операций
1	2	3	4	5	6	7	8
Изготовление полотнища							
1. Подъём, укладка листов (листа)	Укладчик листового проката	ССМ	Траверса маг- нитная Траверса ваку- умная	-	Электриче- ская	1; 2	1; 2

¹ При значительной программе загрузки предпочтительно применять 2-й способ изготовления конструкций и поточную схему организации производства.



Продолжение Таблицы 1

2. Ориентация листов (листа) к базовой линии (кромке, плоскости)	Устройство ориентации, транспортное устройство	ССМ	Захват для полотнища и секций	Захват для секций	Пневматическая Электрическая	2	2; 4; 7; 13; 14; 23; 24
3. Подготовка кромок листов	Газовый резак	ССМ	Газорезательный полуавтомат, газовый резак	Контейнер, держатель	Кислород	9	3; 15
4. Прижатие кромок листов	Транспортное устройство	ССМ	Захват для секций	Захват для секций	Электрическая Пневматическая	2	2; 4; 7; 13; 14; 23; 24
5. Прихватка листов между собой	Сварочный инвертор	ССМ	Сварочный полуавтомат в среде CO ₂	Держатель на колонне	CO ₂ Электрическая	8	5; 20; 27
6. Сварка стыков (стыка)	Сварочный автомат	ССМ	Сварочный автомат	Контейнер	Электрическая	3	6; 10
7. Перемещение полуполотнища на шаг листов Операции 1-7 повторить «n» раз	Транспортное устройство	ССМ	Захват для секций	Захват для секций	Электрическая Пневматическая	2	2; 4; 7; 13; 14; 23; 24
8. Кантование полотнища	Цеховой кран, кантовочная балка	Цеховой кран, кантовочная балка	-	-	Электрическая	-	-
9. Подготовить сварные швы для подварки	Воздушно-дуговой строгач	ССМ	Воздушно-дуговой строгач	Держатель	Электрическая Пневматическая	-	-
10. Подварка сварных швов	Сварочный автомат	ССМ	Сварочный автомат	Контейнер	Электрический	3	10; 6
11. Устранение дефектов	Сварочный инвертор, воздушно-дуговой строгач	Сварочный инвертор, воздушно-дуговой строгач	-	-	Электрическая Пневматическая	-	-
12. Съём, укладка в накопитель	Цеховой кран, кантовочная балка	Цеховой кран, кантовочная балка	-	-	Электрическая	-	-
13. Перемещение полотнища на следующую позицию	Транспортное устройство	ССМ	Захват для секций	Захват для секций	Электрическая Пневматическая	2	13; 2; 4; 7; 14; 23; 24



Изготовление панели							
1	2	3	4	5	6	7	8
14. Ориентация полотнища по базовым кромкам	Устройство ориентации, транспортное устройство	ССМ	Захват для секций	Захват для секций	Электрическая Пневматическая	2	14, 2, 7, 13, 14, 23, 24
15. Резка полотнища по контуру	Газовый резак	ССМ	Газорезательный полуавтомат, газовый резак	Контейнер, держатель	Пропан-кислород	9	15; 3
16. Разметка мест установки набора обоих направлений	Вручную, мел, молоток, кернер	ССМ	Разметочное устройство	Разметочное устройство	Электрическая	444	16; 2; 17
17. Зачистка мест установки набора и кромок набора	Вручную	ССМ	Зачистное устройство	Зачистное устройство	Электрическая	4	17; 6
18. Установка набора главного направления	Вручную, устройство безразмерочной установки набора	ССМ	Захват-прижим для набора	Захват для набора	Пневматическая Электрическая	5 8	18; 19; 20; 25
19. Прижатие набора к полотнищу	Транспортное устройство	ССМ	Захват для набора	Захват для набора	Пневматическая Электрическая	5 8	19; 18; 20; 25
20. Прихватка набора к полотнищу	Сварочный инвертор, сварочный полуавтомат в среде CO ₂	ССМ	Захват для набора с полуавтоматом	Захват для набора, кронштейн	Электрическая CO ₂	5 8	20; 19; 18; 25
21. Приварка набора к полотнищу	Агрегат сварки набора	ССМ	Устройство для сварки набора	Контейнер	Электрическая CO ₂	6	21
22. Перемещение панели в накопитель	Цеховой кран, кантовочная балка	Цеховой кран, кантовочная балка	-	-	Электрическая	-	-
23. Перемещение панели на следующую позицию	Транспортное устройство	ССМ	Захват для секций	Захват для секций	Электрическая Пневматическая	2	23; 14; 13; 7; 4; 2; 24
Изготовление секций							
24. Ориентация панели	Транспортное устройство	ССМ	Захват секций	Захват секций	Электрическая Пневматическая	2	24; 23; 14; 13; 7; 4; 2



Продолжение Таблицы 1

25. Установка набора перекрестного направления	Устройство сборочно-сварочное передвижное	ССМ	Захват для набора (с полуавтоматом)	Захват для набора, кронштейн	Пневматическая Электрическая	5 7	25; 20; 19; 18
26. Прижатие набора	Устройство сборочно-сварочное передвижное, устройство прижатия набора	ССМ	Устройство прижатия набора (высокого)	Контейнер	Пневматическая Электрическая	7 5	26; 27
27. Прихватка набора	Устройство сборочно-сварочное передвижное	ССМ	Захват для набора (с полуавтоматом)	Кронштейн	Пневматическая	7 5	27; 26
28. Сварка набора с обшивкой и между собой	Устройство сборочно-сварочное передвижное	ССМ	Сварочные полуавтоматы	Сварочный контейнер держатель	Электрическая	8	28; 5; 27

Примечания:

1. Условные обозначения: 8 – основная функция исполнительного механизма; 2 – дополнительная функция исполнительного механизма;
2. Для выполнения операций 3, 5, 9, 15, 18 на колонне ССМ должен быть предусмотрен держатель для навешивания средств механизации (ручных) – газового резака, воздушно-дугового строгача, сварочного полуавтомата;
3. В таблице приведены исполнительные механизмы ССМ по 1-му этапу модернизации.

Состав исполнительных механизмов сборочно-сварочного манипулятора

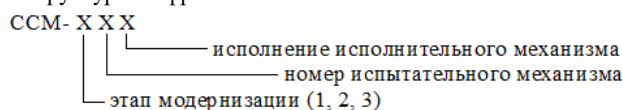
По результатам анализа технологических операций (табл. 1) можно выявить количественный и качественный состав исполнительных механизмов ССМ.

Предполагаемый состав ИМ, с учётом рекомендованного в работе [3], представлен в табл. 2.

Исполнительные механизмы сборочно-сварочного манипулятора

№ п/п	Наименование исполнительного механизма	Шифр ² (код) ССМ	Основная функция	Дополнительная функция	Примечание
1	2	3	4	5	6
1	Траверса с электромагнитными захватами	ССМ-111	Подъём и укладка листов	Ориентация листа к базовой кромке	-
1.1.	Траверса с пневмовакуумными захватами	ССМ-112	Подъём и укладка листов	Ориентация листа к базовой кромке	-
2	Захват для полотниц (секций)	ССМ-120	Транспортировка полотница (секций)	Прижатие кромок стыкуемых листов	-
2.1.	Захват для вертикальных стенок набора	ССМ-121	Ориентация полотница (секций) к базовой кромке Транспортировка	Прижатие низкого набора	-
3	Сварочный автомат для сварки полотниц	ССМ-130	Автоматическая сварка стыков полотниц	-	-
3.1.	Сварочный автомат для сварки набора главного направления	ССМ-131	-	Автоматическая сварка набора главного направления	Устройство имеет удлиненный мундштук сварочного автомата
3.2.	Сварочный автомат с дефектоскопом	ССМ-132	-	Контроль сварных швов в процессе сварки	Дефектоскоп смонтирован на контейнере сварочного автомата
4	Разметочное устройство	ССМ-140	Разметка положения набора	-	-
4.1.	Зачистное устройство	ССМ-141	-	Зачистка мест установки набора и кромок	Монтируется путём замены диска разметочного устройства на наждачный круг
5	Захват-прижим для набора	ССМ-150	Установка набора при разметке, нажатие	Прижатие набора	-
5.1.	Захват для группы рёбер жёсткости	ССМ-151	-	Транспортировка набора	-
5.2.	Захват прижим со сварочным полуавтоматом	ССМ-152	Установка набора по разметке, прижатие	Прихватка набора, полуавтоматическая сварка набора	Полуавтомат сварочный посредством присоединительного элемента крепится к захват-прижиму

² Структура шифра ССМ



Пример обозначения: ССМ-112 – сборочно-сварочный манипулятор по первому этапу модернизации с навешенной траверсой с пневмовакуумными захватами.



6	Устройство для автоматической сварки набора	ССМ-160	Автоматическая сварка набора (группа ребер)	Прихватка стыков набора, подварка дефектов	Один из держателей выполнен легкоъемным
7	Устройство прижатия набора (высокого)	ССМ-170	Прижатие перекрестного (высокого) набора	Транспортировка набора (таврового)	Переналадка производится путем замены стоек
7.1.	Устройство прижатия набора (низкого)	ССМ-171	-	Прижатие низкого набора (ребра жесткости)	-
7.2.	Устройство прижатия набора со сварочным полуавтоматом	ССМ-172	-	Прижатие и прихватка набора	Полуавтомат сварочный посредством присоединительного элемента крепится к устройству
8	Сварочный контейнер	ССМ-180	Сварка высокого набора и перекрытий	Прихватка приварка насыщения и т.д.	В контейнере могут размещаться от одного до четырёх сварочных полуавтоматов
9	Газорезательный автомат	ССМ-190	Подрезка кромок, контуровка полотниц, секций	-	-
9.1.	Газовый резак	ССМ-191	Подрезка кромок	-	Возможна установка газового резака на ИМ ССМ-120

Выводы и заключение

Таким образом, в статье рассмотрены:

- 1) основные способы изготовления плоскостных секций;
- 2) возможные технологические схемы организации производства по комплексно-механизированному их изготовлению;
- 3) структура технологического процесса изготовления плоских секций с помощью комплексно-механизированного сборочно-сварочного манипулятора;
- 4) количественный и качественный состав исполнительных механизмов манипулятора;

Выполненное исследование показывает, что комплексно-механизированные ССМ имеют хорошие перспективы для внедрения на отечественных судостроительных верфях не только для изготовления плоских секций – наиболее распространённых СЕ судовых корпусов, но и для изготовления секций с незначительной погибью (например, палубных) и лекальных секций в переходных районах корпусов судов. Трудоёмкость изготовления последних с внедрением ССМ может быть существенно (на 25-50%) снижена [4].

Кроме того, продвигаемая авторами концепция ССМ открыта для различных усовершенствований и модернизаций, в том числе и в системе управления ССМ [5]. За счёт этого может быть решен вопрос не только комплексной механизации изготовления секций, но и автоматизации (а в последующем и роботизации) процессов их изготовления.

Список литературы:

1. Бурмистров, Е.Г. Основы технологии судостроения : учебник / Е.Г. Бурмистров. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. – 364 с. : ил., табл. ISBN 978-5-9729-1542-2.
2. Бурмистров, Е.Г. Обоснование применения на судостроительных верфях многофункциональных сборочно-сварочных манипуляторов / Е.Г. Бурмистров, О.А. Щеголева, А.Е. Бурмистрова, Т.А. Михеева // Научные проблемы водного транспорта.



Выпуск 73. – Н. Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2023. – С. 27 – 36. DOI: 10.37890/jwt.vi74.343.

3. Отчёт о научно-исследовательской работе «Разработка сборочно-сварочного манипулятора для изготовления корпусных конструкций в судостроении и судоремонте» (промежуточный) №865172. – Горький: ГИИВТ. – 1986. – 146 с.

4. Бурмистров, Е.Г. Перспективы замены поточных линий в цехах верфей многофункциональными сборочно-сварочными манипуляторами / Е.Г. Бурмистров, О.А. Щеголева, А.Е. Бурмистрова // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. – 2023. – Т. 15. – № 2. – С. 125–129.

5. Щеголева О.А. Цифровизация управления технологическим оборудованием в рамках концепции «Индустрия 4.0» / Сборник материалов II-й МНПК «Актуальные решения проблем водного транспорта» (г. Астрахань), 29 мая 2023 г.

