

УДК 621.791.927.5

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ МАХОВИКА АВТОБУСА «ИКАРУС» ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ НАПЛАВКОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФЕРРОМАГНИТНОЙ ШИХТЫ

Матвей Андреевич Гусаров

*Студент 5 курса,*

*кафедра «Технологии обработки материалов»*

*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: С.Н. Глазунков,*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии обработки материалов»*

При длительной эксплуатации машины достигают такого состояния, что восстановить их работоспособность можно только проведением капитального ремонта. Необходимость такого ремонта машин предопределяется изменением во времени их технического состояния. А экономическая целесообразность данного вида ремонта обуславливается возможностью использования 20-30% бездефектных деталей. Так, годные без ремонта детали, требуемые затрат составляют 7-10% от стоимости аналогичной детали.

Затраты на восстановление детали, как правило, не превышают 60-70% стоимости новых запасных частей. Повторное использование исправленных деталей позволяет экономить Ме, электроэнергию и другие ресурсы. Важнейшим резервом увеличения использования является восстановление изношенных деталей, позволяющее повторно, а иногда и многократно использовать.

Ежегодно миллионы деталей выбраковываются и поступают на переплавку из-за износа рабочих поверхностей в доли мм или других дефектов, возникших в процессе эксплуатации, которые могут быть устранены тем или иным способом обработки. Восстановление – это комплекс операций по устранению основных дефектов деталей, обеспечивающий возобновление работоспособности и параметры нормативно-технической документации.

Настоящая работа посвящена исследованию процесса электродуговой наплавки маховика из серого чугуна с применением ферромагнитной шихты [1]. Деталь типа маховик (рис. 1) есть в каждом кривошипно-шатунном механизме двигателя. Маховик уменьшает неравномерность работы двигателя, выводит поршни из мертвых точек, облегчает пуск двигателя и способствует плавному старту автомобиля с места.

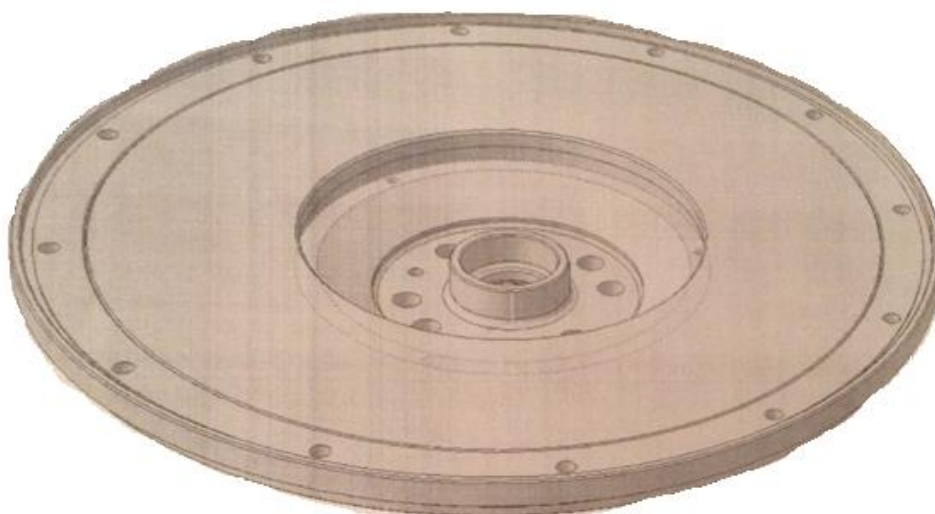


Рис. 1. Маховик

Маховик изготовлен в виде массивного чугунного диска и прикреплен к фланцу коленчатого вала болтами и гайками. При изготовлении маховик балансируется вместе с

коленчатым валом. Для предотвращения нарушения балансировки при разборке двигателя маховик установлен на несимметрично расположенные штифты или болты. Зубчатый венец, напрессованный на маховик, служит для запуска двигателя стартером.

Деталь изготовлена из серого чугуна марки СЧ30 и имеет диаметр 485 мм. Характерные дефекты: износ и трещины на торцевой поверхности маховика.

Восстановление деталей машин из чугуна способами электродуговой наплавки связано со следующими трудностями: возникновение горячих и холодных трещин, обусловленное повышенным содержанием углерода, серы и фосфора; высокая жидкотекучесть чугуна; повышенная склонность к порообразованию; отбеливание чугуна, что делает невозможным последующую механическую обработку; возникновение значительных сварочных напряжений, связанных с нагревом металла.

Ферромагнитная шихта для дуговой наплавки деталей машин, изготовленных из чугуна, может быть использована при автоматической сварке и наплавке [2]. Наплавку ведут непрерывной электродной проволокой, на которую подается магнитная шихта, и под действием собственного магнитного поля сварочной цепи притягивается к ней, образуя покрытие, аналогичное электродному. Для обеспечения притягивания шихты к электродной проволоке в состав шихты вводятся ферромагнитные компоненты (Fe, FeCr).

Восстановление деталей методом электродуговой наплавки с применением ферромагнитной шихты – сложный организационно-технологический процесс, при котором в отличие от производства новых деталей в качестве заготовки используют изношенную, но уже сформированную деталь. В этом случае затраты на выполнение таких операций, как литье,ковка, штамповка и т.п. отсутствуют.

Процессы сварки или наплавки всегда связаны с возникновением сварочных деформаций и напряжений в деталях (конструкциях), подвергающихся термическому воздействию [3]. Величина зоны высоких сварочных напряжений и уровень деформации определяется количеством локальной энергии, вводимой в единицу времени или объемом наплавленного металла и шириной зоны разогрева до температур, где металл претерпевает структурные превращения, вследствие чего металлы, имеющие высокую прочность, при сварке или наплавке склонны к образованию горячих и холодных трещин.

#### **Наплавка ферромагнитной шихтой.**

Рассматриваемый способ позволяет подобрать такой состав шихты и режимы наплавки, которые обеспечивают стабильное горение дуги при относительно небольших значениях тока (минимальная погонная энергия) и получение бездефектного слоя с небольшими напряжениями и деформациями, отвечающего необходимым эксплуатационным требованиям без дополнительной термообработки.

Данная работа содержит результаты экспериментов, проведение которых позволило максимально приблизиться к реальным условиям процесса восстановления. Основной задачей экспериментов было, во-первых, ознакомление с технологией восстановления, во-вторых, выявление влияния различных параметров процесса на процесс восстановления, на характеристики наплавленного слоя и основного металла. Важной задачей экспериментов было получение необходимой твердости и структуры в наплавленном слое.

В качестве оборудования для наплавки направляющих использовалась имеющаяся на кафедре МТ13 МГТУ им. Баумана установка УД 209 УХЛ4, позволяющая производить наплавку под слоем флюса, в среде защитных газов или с использованием ферромагнитной шихты деталей вращения диаметром от 40 до 400 мм. Установка дает возможность наплавлять цилиндрические поверхности, заваривать шлицы, шпоночные канавки, резьбу. При наплавке применяется наплавочная проволока диаметром 1,6 мм. Скоростью подачи проволоки 2-3 м/мин.

Так как данная установка позволяет наплавлять только детали с горизонтальной осью вращения, то станок требовалось модернизировать. Для таких целей был применён конический дифференциал (рис. 2), позволяющий наплавлять детали с вертикальной осью вращения.

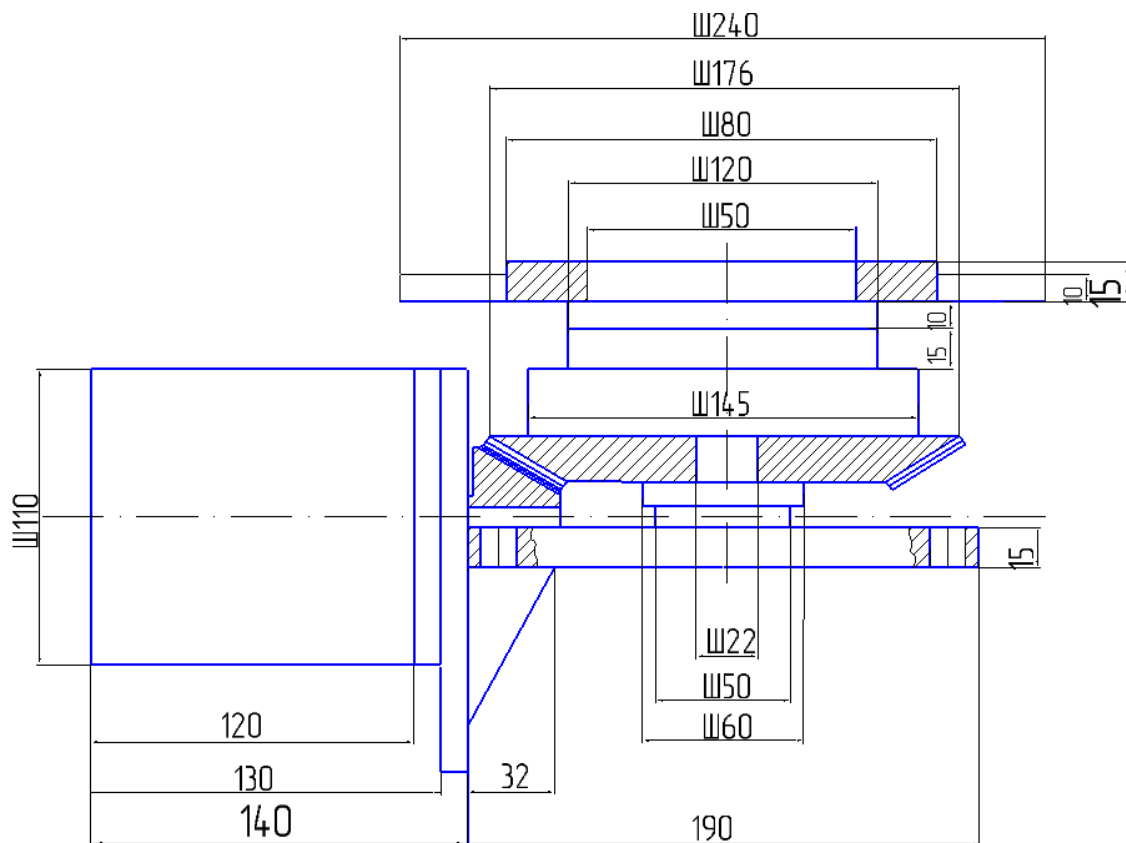


Рис. 2. Конический дифференциал для крепления маховика.

Таким образом, модернизированный станок УД209 УХЛ4 (рис. 3) позволяет наплавлять детали с вертикальной осью вращения.

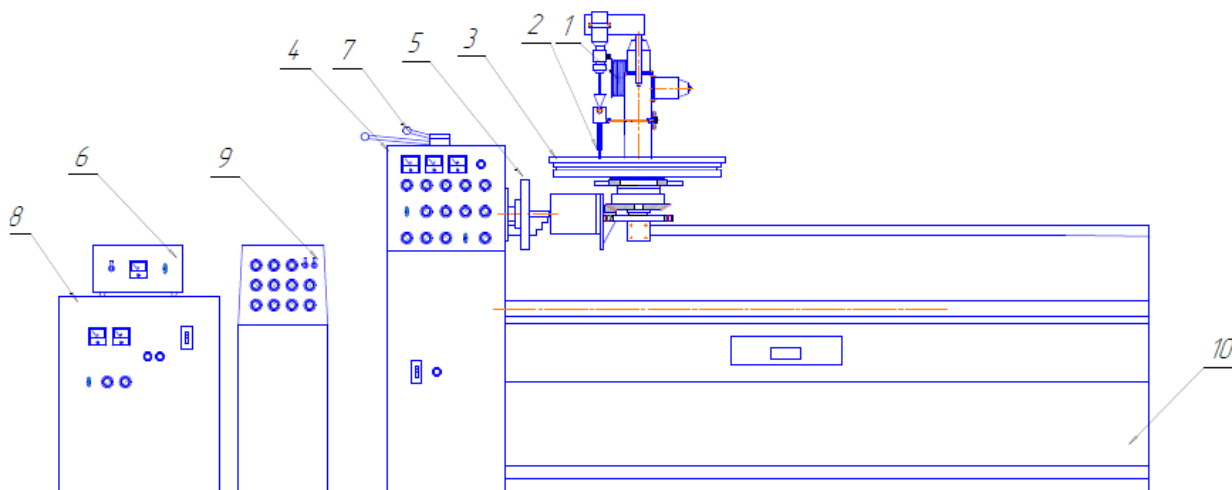


Рис. 3 Модернизированный станок УД209 УХЛ4.

В состав наплавочного станка входят: бухта с проволокой (1), наплавочная головка (2), пульт управления (4), трёхкулачковый патрон (5), пульт управления подачи проволоки (6), рычаги переключения (7), сварочный выпрямитель (8), пульт управления механизмом колебаний (9), станина (10). Наплавляемая деталь обозначена (3).

Существуют различные схемы наплавки деталей типа «диск».

Наплавочный станок УД209 может работать в двух режимах:

- наплавка по кольцу (рис. 4, 5);
- наплавка по винту (рис. 6, 7);

Наплавка может происходить с колебаниями и без колебаний. Так как для наплавки по винту необходима автоматизация станка, то наплавлять будем по кольцу. Чтобы избежать сильных перегревов выбираем наплавку без колебаний.

Для деталей типа «диск» наплавка осуществляется обратноступенчатым способом сварки. До наплавки маховик подогревают до температуры 200°. После наплавки деталь накрывается асбестом для медленного остывания. Данная процедура позволяет избежать появления трещин, раковин и отбела чугуна.

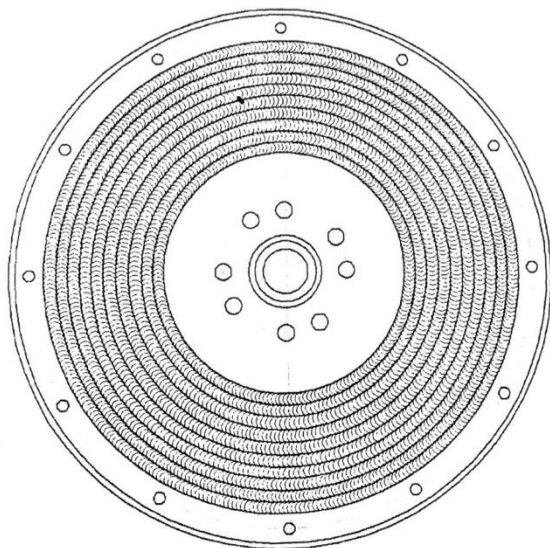


Рис. 4. Наплавка по кольцу без колебаний

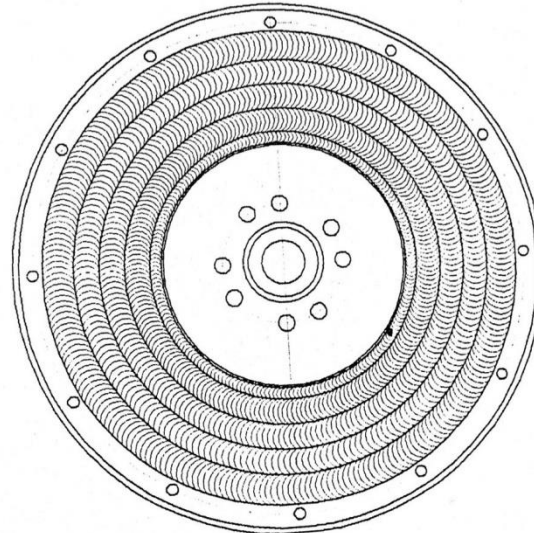


Рис. 5. Наплавка по кольцу с колебаниями

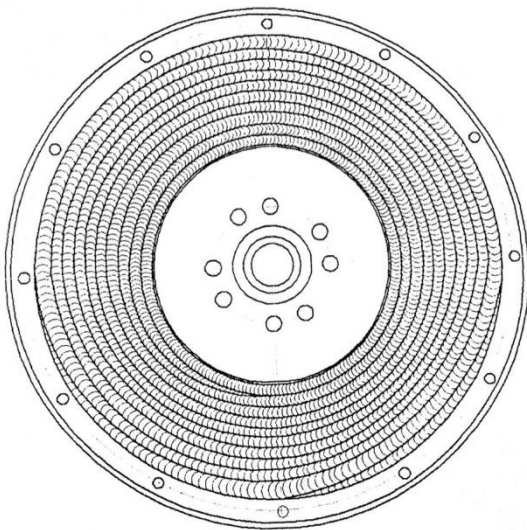


Рис. 6. Наплавка по винту без колебаний

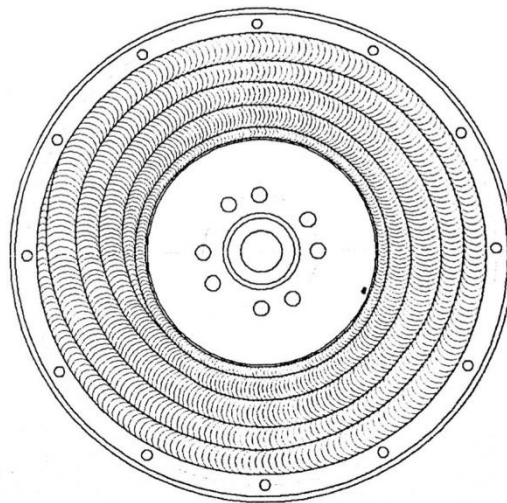


Рис. 7. Наплавка по винту с колебаниями

### **Ферромагнитная шихта.**

Состав ферромагнитной шихты подбирается исходя из следующих условий [4]:

1. шихта должна быть магнитной, чтобы обеспечивать притягивание шихты электродом под действием электромагнитных сил.
2. стабильное горение дуги при малых токах наплавки ( $I = 140 - 170 \text{ A}$ ), что обеспечивает незначительные сварочные деформации и напряжения.
3. получение бездефектного наплавленного слоя (без пор, трещин, шлаковых включений).

4. обеспечение необходимой износостойкости наплавленного слоя без дополнительных посленаплавочных технологических мероприятий (термообработка, упрочнение поверхностного слоя).
5. дешевизна и доступность материалов, входящих в состав шихты.

Для более полного протекания металлургических процессов в ванне расплавленного металла при наплавке необходимо обеспечить:

- определенную грануляцию шихты и ее компонентов,
- определенное процентное соотношение элементов, входящих в состав шихты,
- спекание магнитных и немагнитных материалов.

Материалы шихты в зависимости от их магнитных свойств просеиваются:

магнитные – через сито №04 (размер ячейки 0.4 мм.),

немагнитные – через сито №018 (размер ячейки 0.180 мм).

После просеивания компоненты взвешиваются в определенной пропорции и замешиваются на жидком натриевом стекле до получения влажной однородной массы. С целью спекания магнитных и немагнитных материалов полученную влажную массу прокаливают в печи при температуре 400°C до полного ее просыхания. Полученную спеченную смесь подвергают дроблению и просеивают через сито №04 (размер ячейки 0.4 мм.).

В состав шихты входят рудоминеральные материалы, ферросплавы, чистые металлы, химические продукты, силикаты, графит.

Рудоминеральные материалы:

Мрамор  $\text{CaCO}_3$  – ( $\text{CaCO}_3$  92%; остальное  $\text{MgO}$ ;  $\text{SiO}_2$ ; P; S);

Плавиновый шпат  $\text{CaF}_2$  – ( $\text{CaF}_2$  95%; остальное  $\text{SiO}_2$ ;  $\text{CaCO}_3$ ; P; S);

Ферросплавы:

Феррохром  $\text{FeCr}$  (Cr 65%; остальное Fe; C; Si; P; S);

Феррованадий  $\text{FeV}$  (V 35%; остальное Fe; Mn; Si; C; Cu; Al; P; S);

Ферротитан  $\text{FeTi}$  (Ti 28%; остальное Fe; Al; Si; C; P; S);

Чистые металлы:

Порошок железный Fe (Fe 98.5%; остальное C; P; S);

Химические продукты:

Силикокальций  $\text{SiCa}$  (Ca 20%; Fe 10%; остальное Si; Al; C);

Силикаты:

Стекло натриевое жидкое ( $\text{SiO}$  32%;  $\text{NaO}$  11%; остальное  $\text{FeO}$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ;  $\text{Ca}_2\text{O}$ ;  $\text{SO}_2$ );

Примечание: элементы, указанные как «остальное», расположены в порядке убывания их содержания.

Магнитные свойства шихты обеспечиваются наличием в ее составе ферромагнитных материалов (Fe; FeCr).

Получение бездефектного наплавленного слоя обеспечивается наличием в шихте шлакообразующих ( $\text{SiCa}$ ,  $\text{CaCO}_3$ ;  $\text{CaF}_2$ ) и раскисляющих ( $\text{FeTi}$ ,  $\text{FeMn}$ ,  $\text{FeSi}$ ,  $\text{SiCa}$ ) компонентов.  $\text{SiCa}$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaF}_2$  в совокупности обеспечивают защиту расплавленного металла от вредного влияния атмосферы (снижение вероятности порообразования и окисления) и способствуют связыванию и удалению в шлак ответственных за образование трещин S, P, H.  $\text{SiCa}$  кроме того является раскислителем, а так же способствует легкому удалению шлаковой корки с поверхности наплавленного слоя.  $\text{FeTi}$ ,  $\text{SiCa}$  являются раскислителями, а так же способствуют измельчению структурных составляющих наплавленного слоя, что снижает вероятность трещинообразования.

Компоненты  $\text{FeCr}$ ,  $\text{FeTi}$ ,  $\text{FeV}$  и углерод (C) в совокупности позволяют получить наплавленный металл повышенной прочности и износостойкости без последующей термообработки в результате образования структуры мартенсита с карбидом хрома (Cr), ванадия (V), титана (Ti), обладающими более высокой, по сравнению с карбидами железа (Fe), твердостью.

Жидкое натриевое стекло выполняет функцию связующего компонента при изготовлении шихты и обеспечивает стабильное горение дуги на малых токах.

**Исследовательская часть.**

Физико-механические свойства наплавленного слоя зависят от состава ферромагнитной шихты. В результате экспериментов были получены данные, позволившие составить сравнительную характеристику наплавочных материалов и наплавленных слоев. Для эксперимента была осуществлена наплавка на плоские образцы (рис. 8, 9) из серого чугуна марки СЧ-30. Была получена наплавка шириной 12 мм длиной 120 мм.



Рис. 8. Наплавленный образец.

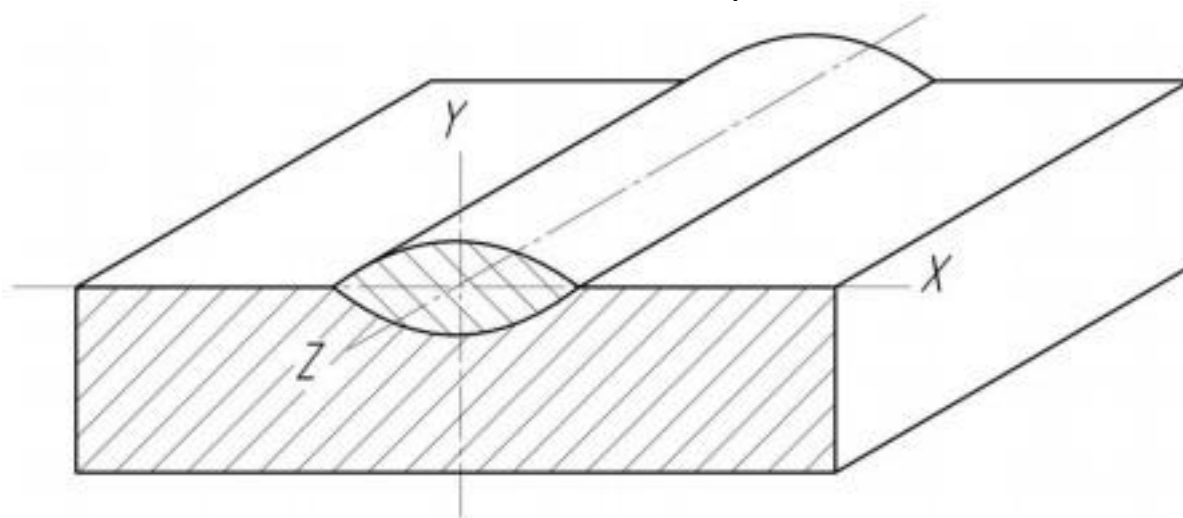


Рис. 9. Схематическое изображение наплавленного образца.

Для наплавки использовалась шихта, состав которой приведен в таблице 1.

Таблица 1. Состав шихты.

	Fe, %	C, %	SiCa, %	FeTi, %	CaF <sub>2</sub> , %	CaCO <sub>3</sub> , %
	50	15	15	4	8	8
	55	10	10	5	10	10
	31	30	15	0	12	12

Далее определялась твердость поверхности наплавленного слоя с шагом 10 мм на твердомере ТКС-1М со шкалой HRC. Полученные данные по твердости приведены в таблице 2.

Таблица 2. Твердость наплавленного слоя.

№ образца	Твердость, HRC									
	8	3	2	6	1	2	9	4	7	0
1	8	3	2	6	1	2	9	4	7	0
2	7	1	2	5	0	1	6	3	0	2
3	1	9	4	3	0	5	9	7	2	5

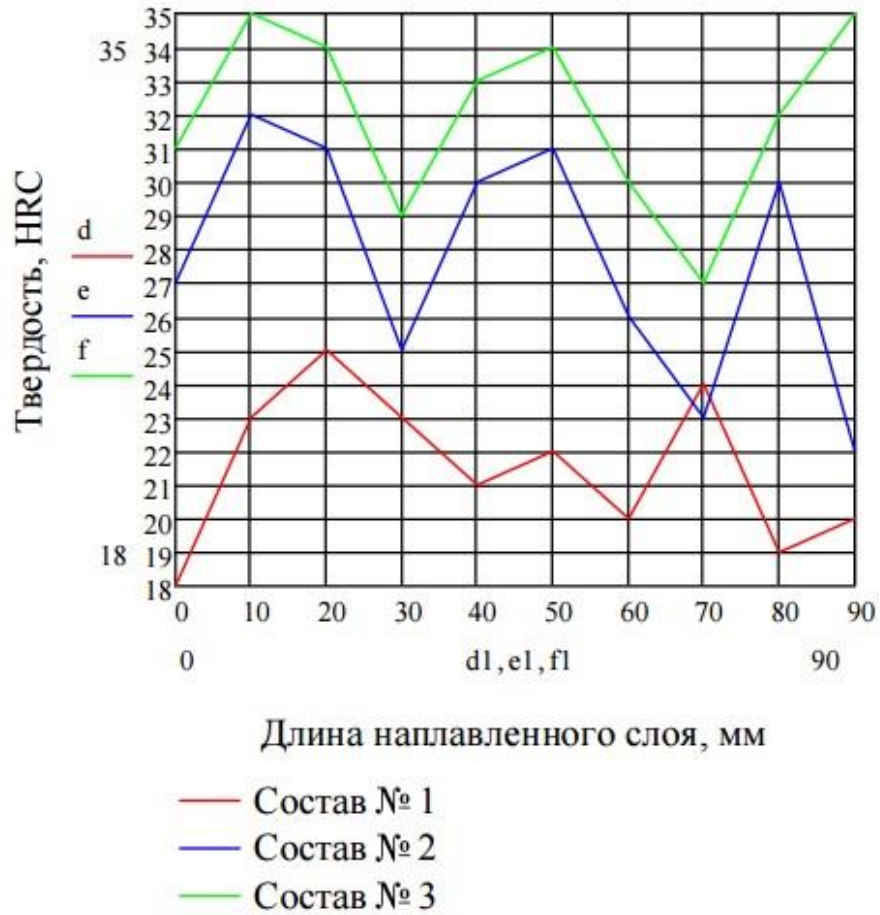
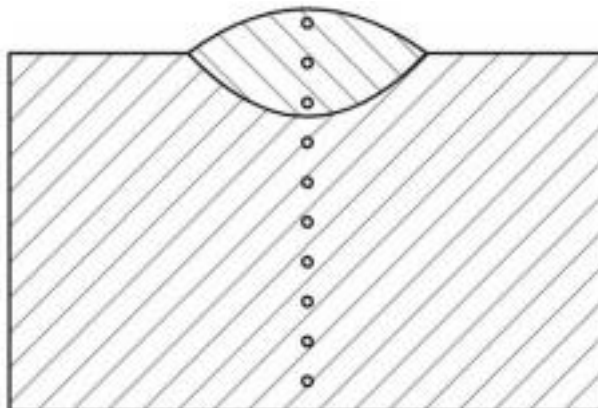


Рис. 10. Изменение твердости на поверхности наплавленного слоя.

На следующем этапе произведено 10 измерений твердости с шагом 2 мм, как показано на рисунке 11.



Полученные значения твердости приведены в таблице 3:

Таблица 3. Твердость образца и наплавленного слоя.

№ образца	Твердость, HRC									
	9	0	1	0	1	1	3	5	2	4
1	9	0	1	0	1	1	3	5	2	4
2	9	9	1	0	9	2	5	0	8	1
3	0	1	9	9	0	4	7	2	4	5

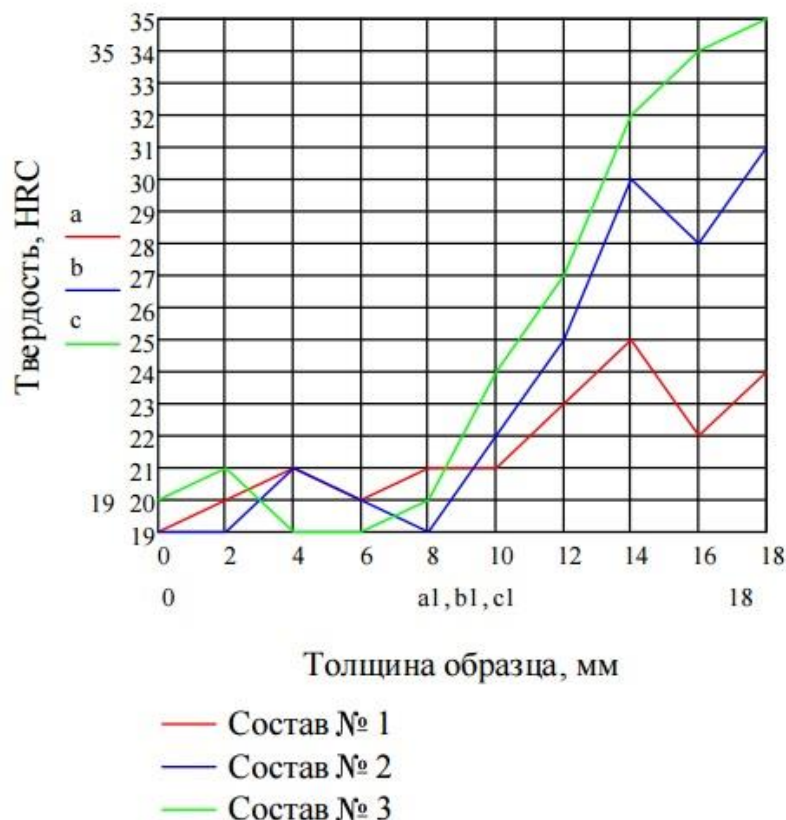


Рис. 11. Изменение твердости образца и наплавленного слоя.

По результатам видно, что твердость существенно изменяется от состава шихты. Более низкая твердость имеет образец №3, что можно объяснить отсутствием в составе ферротитана. А высокая твердость образца №2 по сравнению с образцом №1 обусловлена повышенным содержанием кремния, так как этот элемент повышает углеродный эквивалент. Состав №1 обеспечил твердость, которую должен иметь маховик.

### Литература

1. Глазунов С.Н., Гагрилюк В.С., Вялков В.Г., Овешников А.В. Технология восстановления стальных и чугунных деталей транспортных машин методом электродуговой наплавки с применением ферромагнитной шихты // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2002. – № 6. С. 3–5.
2. Ферромагнитная шихта для дуговой наплавки деталей машин, изготовленных из железоуглеродистых сплавов: пат. 2448823 Российская Федерация: МПК В23К 35/36 / Глазунов С.Н. и др.; заявитель и патентообладатель Апраксин Д.В. – № 2010104100/02; заявл. 09.02.2010; опубл. 27.04.2012, Бюл. № 12. – 7 с.

3. Глазунов С.Н. Курс лекций: Технологические процессы реновации. – М: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009 г., 99с.
4. Апраксин Д.В., Варламова Л.Д., Вялков В.Г., Глазунов С.Н., Слинко Д.Б. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине технологические процессы