

несколько ниже значений точки № 15, что говорит о зацикливании симплекса и позволило принять решение об окончании исследований.

Таблица 1 – Результаты проведенных опытов

№ точки	Толщина слоя, мкм	Твердость после закалки, HRC	Балл твердых частиц
1	1050	64	2
2	700	63	2
3	800	62	1
4	1000	68	3
5	900	67	2
6	100	47	1
7	10	44	0
8	20	45	0
9	200	53	1
10	15	45	0
11	15	44	0
12	15	45	0
13	155	45	1
14	900	69	3
15	1400	70	3
16	1100	69	3
17	250	60	1

Применение последовательно симплексного метода при оптимизации состава карбюризатора для цементации высокохромистых сталей позволило: увеличить скорость формирования диффузионного слоя высокой твердости в 1,8 – 2,2 раза по сравнению и известными карбюризаторами и получать диффузионные слои с включениями карбидов до 700 мкм и общей толщиной до 1400 мкм; повысить твердость поверхности упрочняемой стали 20X13 до 69 – 70 HRC; получить одинаковые значения микротвердости 1000 – 1050 HV 0,1/10 по всей толщине карбидной зоны цементованного слоя.

УДК 669.72.011

**Исследование влияния пластической деформации на скорость формирования карбонитридного слоя**

Студенты гр. 104518 Дробов А.Н., Крыжнев А.В.,  
гр. 104218 Овчинников Е.С., Ковалева И.А.  
Научные руководители – Борисов С.В., Стефанович А.В.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Для исследования различия скорости формирования карбонитридного слоя на стружке и отожженной стали, использовалась полоса из стали Х6ВФ толщиной 0,7 мм, из которой методом строгания вдоль оси полосы получалась стружка сечением  $\approx 0,7 \times 0,7$  мм, имеющая форму дуги и длиной 2 – 4 мм.

Образцы отожженной стали и стружка подвергались карбонитрации при 550 °С в течении 1 часа. Данные температурно-временные параметры должны обеспечивать диффузионный слой толщиной до 0,2 мм [1]. Значительное различие размеров диффузионного слоя и стружки исключает влияние «размерного фактора» на скорость формирования диффузионного слоя. Толщина слоя оценивалась измерением микротвердости по сечению образцов. Результаты исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Микротвердость (МПа) по сечению образцов из стали Х6ВФ

Вид образца	Расстояние от поверхности, мкм						
	20	40	60	80	100	150	200
Отожженная полоса	3490	2720	2280	2060	2180	2020	2140
Стружка	4840	4420	3840	3380	2970	2680	2880

Как видно из таблицы, в образцах из отожженной полосы повышенная твердость сохраняется на глубине  $\approx 60$  мкм, а у стружки на глубине до 80 – 100 мкм, что свидетельствует о большей толщине диффузионного слоя, полученного на стружке, в 1,3 – 1,6 раза. Бóльшая толщина диффузионного слоя объясняется повышенным количеством дефектов в структуре, которые образовались за счет наклепа при резании. При этом микротвердость карбонитридного слоя, полученного на стружке, выше и составляет  $4880 \pm 341$  МПа, в то время как у отожженной полосы  $3490 \pm 209$  МПа. По данным [2] твердость карбонитрированного слоя суммируется из твердости основы и прироста твердости за счет образования дисперсных карбонитридных фаз в зоне внутреннего азотирования. Причем прирост твердости зависит от содержания азота и углерода в диффузионном слое.

Исходя из данных [2] и анализа значений твердости диффузионного слоя и основы, видно, что прирост твердости диффузионного слоя на стружке больше, чем у образцов из отожженной стали. Это можно объяснить: 1) большей исходной твердостью стружки, которая составляет  $2884 \pm 256$  МПа, а отожженной полосы  $2080 \pm 124$  МПа; 2) более высоким содержанием азота и углерода в диффузионном слое. Повышенное содержание азота и углерода в диффузионном слое объясняется большим количеством дефектов в стружке, которые способствуют увеличению коэффициента диффузии.

### Литература

1. Лахтин Ю.А., Коган Я.Д. – Азотирование стали. М. Машиностроение, 1976, 256 с.
2. Прокошкин Д.А. – Карбонитрация стали. М. Машиностроение, 1984, 240 с.

УДК 621.745.669.13

### Сварка стали HAR DOX и влияние сварки на её свойства

Магистрант Острога С.П.

Научный руководитель – Саранцев В.В.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

На оборудование, работающее в горнодобывающей промышленности, часто оказывается различное неблагоприятное воздействие, приводящее к его износу и разрушению – истирание, удары, деформация и т.п. Для преодоления такого воздействия оборудование должно быть изготовлено из специального материала. Такой материал – высокопрочную износостойкую сталь марки HARDOX выпускает Шведская компания SSAB Oxelosund AB.