

сталей в твердом агрегатном состоянии. Такой результат показывает, что упрочняющие порошковые материалы будут проникать сквозь стальную преграду на глубины в десятки миллиметров. Движение сгустков порошковых материалов сквозь стальную матрицу приводит к прошивке металлической матрицы и формированию из стали композиционного материала.

При движении частиц порошка в объеме стальной преграды происходит их размывание по стенкам канала, закачивание энергии в форме поля высокого давления, захлопывание, синтез метастабильных соединений и новых химических элементов и генерация энергии в виде интенсивного электромагнитного поля.

За счет генерации дополнительной энергии в процессе термоядерного синтеза в зоне закрытых канальных элементов формируются армирующие волокна, которые в результате последующей диффузии упрочняют стальную матрицу. На рисунке 1 показана зона прошивки инструментальной стали Р6М5 сгустком частиц SiC. В качестве вещества (стрелка), используемого для маркировки зоны прошивки, использовали карбид кремния.

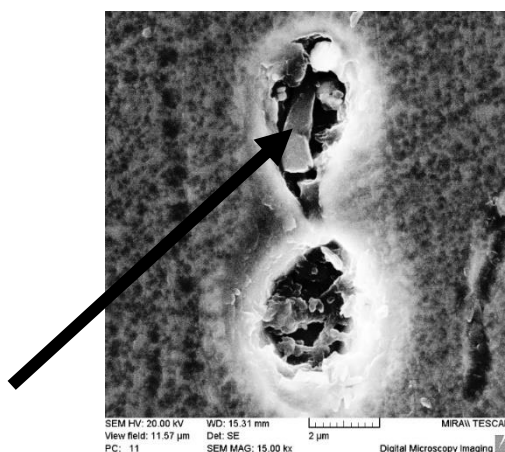


Рисунок 1 – Зона прошивки (легирования) стали Р6М5 частицами карбида кремния.  
Глубина 25 мм

**Выводы.** Для маркировки канальной зоны прошивки используют порошки на основе кремния, как часть порошковой композиции

УДК 669.715+621.785.72

### **Установление статистических связей между механическими свойствами сварных соединений сплава 01915**

Студенты гр. 10403115 Бычек А. Б., Мазолевский К. А.  
Научный руководитель Голубцова Е. С.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Для сварных конструкций, изготовляемых сваркой плавлением, применяют термически неупрочняемые сплавы, обладающие хорошей свариваемостью. Из термически неупрочняемых алюминиевых сплавов наибольшее применение получили сплавы системы Al–Mg, такие как АМг3, АМг5, АМг6.

Однако сплавы системы Al–Mg имеют определенные недостатки: невысокий предел прочности и текучести, повышенная склонность к порообразованию, а при сварке конструкций с толщиной стенки менее 2,0 мм – сложность получения герметичных соединений.

Применение алюминиевых сплавов системы Al–Zn–Mg является альтернативным решением при получении аналогичных сварных конструкций. Сплавы Al–Zn–Mg имеют

более высокие показатели механических свойств, коррозионной стойкости, и к тому же обладают хорошей свариваемостью.

Целью работы является определение коэффициента парной корреляции  $r_{ij}$  между механическими свойствами сварных соединений, выполненных из сплава 01915 системы Al–Zn–Mg. Значения механических свойств сварных соединений в зависимости от времени старения, приведены в таблице.

Таблица 1 – Механические свойства сварных соединений сплава 01915, выполненных аргоно-дуговой сваркой

№ опыта	Время естественного старения после сварки, сутки	$\sigma_b$ , кг/мм <sup>2</sup>		Угол загиба, град.
		Шов с проплавом и усилением	Шов с усилением	
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
1	1	30,0	27,0	150
2	5	34,0	33,0	126
3	15	37,7	36,5	120
4	30	38,6	38,0	118

Суть метода заключается в вычислении коэффициентов парной корреляции или корреляционного соотношения между каждыми двумя параметрами на основе имеющихся данных. При наличии высокой корреляции любой из них можно исключить из рассмотрения, поскольку всю необходимую информацию мы получим, определяя другой параметр.

Коэффициент парной корреляции  $r_{1,2}$  рассчитывается по формуле:

$$r_{1,2} = \frac{\sum_1^n \Delta y_1 \cdot \Delta y_2}{\sqrt{\sum_1^n \Delta y_1^2 \cdot \sum_1^n \Delta y_2^2}},$$

где  $\Delta y_1$  и  $\Delta y_2$  – разность между текущим и средним значениями параметров, т. е.  $\Delta y_1 = y_1 - \bar{y}_1$  и  $\Delta y_2 = y_2 - \bar{y}_2$ ;

$n$  – число наблюдений.

Рассчитанное значение коэффициента корреляции сравнивают с критическим  $r_{кр}$  (табличным) значением этого коэффициента, исходя из заданного уровня доверия  $\alpha$  (в нашем случае  $\alpha = 0,05$ ) и степени свободы  $f$ , равной  $n - 2$  (у нас  $f = 2$ , т. к.  $n = 4$ ). Если опытное значение  $r_{1,2} \geq r_{кр}$ , то линейная корреляция существует, в противном случае ( $r_{1,2} < r_{кр}$ ) ее нет. В нашем случае  $r_{кр} = 0,95$ .

Для расчета корреляционной зависимости между двумя параметрами необходимо иметь достаточное количество данных об этих параметрах. Поэтому проводится некоторое количество опытов (наблюдений). Опыты проводятся с каждым из параметров (в нашем случае число наблюдений  $n = 4$ ).

Следующим шагом будет расчет коэффициента корреляции. Для расчета используется следующая формула:

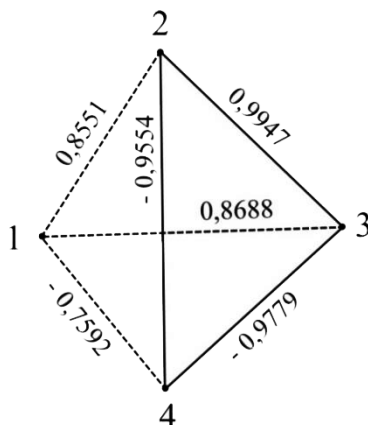
$$r_{i,j} = \frac{\sum (y_i - \bar{y}_i) \cdot (y_j - \bar{y}_j)}{\sqrt{\sum (y_i - \bar{y}_i)^2 \cdot \sum (y_j - \bar{y}_j)^2}}, \quad (2)$$

где  $i, j$  – наименования параметров;

$y_{i,j}$  – результат опыта;

$\bar{y}_{i,j}$  – среднее значение всех опытов.

Рассчитав коэффициенты корреляции для каждого параметра, сравниваем их с  $r_{кр}$  (в нашем случае  $r_{кр} = 0,95 - 0,99$ ). На основании полученных значений строим граф, который будет наглядно демонстрировать наличие или отсутствие корреляционной связи между каждым из параметров.



$$r_{1,2} = 0,8551; r_{1,3} = 0,8688; r_{1,4} = -0,7592; r_{2,3} = 0,9947; r_{2,4} = -0,9554; r_{3,4} = -0,9779$$

Рисунок 1 – Корреляционная связь между параметрами

Сплошная линия между параметрами обозначает наличие линейной корреляционной связи, штриховая ее отсутствие. Отрицательное значение коэффициента говорит о наличии обратной связи (т. е. один параметр будет увеличиваться, другой уменьшаться).

Зная коэффициенты парной корреляции можно определить корреляционные уравнения в виде  $y_j = b_0 + b_{1y}$ .

В результате расчетов получены следующие уравнения:  $y_2 = 1,23 - 9,5y_3$ ;  $y_3 = -2,94 + 227,4y_4$ ;  $y_2 = -3,59 + 254,4y_4$ .

Эти уравнения позволяют рассчитать значения того или иного свойства через другие.

С помощью корреляционного анализа можно выявить зависимость одного параметра от другого. Эта зависимость облегчает изучение свойств материалов, так как благодаря ей отпадает необходимость проведения множественных опытов. В случае существования зависимости достаточно знать первый параметр, чтобы рассчитать второй. Это особенно удобно, когда измерение второго параметра опытным путем представляет большие трудности.

УДК 539.893

### Исследование структуры материалов на основе карбида кремния

Студент гр.10403115 Специан И. В.  
 Научный руководитель – Григорьев С. В.  
 Белорусский национальный технический университет  
 г. Минск

Одним из перспективных конструкционных материалов для работы при температурах свыше 1000 °С является высокоплотный материал на основе карбида кремния (SiC). Высокие физико-механические свойства этого материала сохраняются и при высоких температурах, и в условиях резких скачков температуры.

Для создания высокоплотных композиционных керамических материалов на основе тугоплавкой керамики широко используются технологии комплексной обработки материалов высокими давлениями и температурами. Спекание под высоким давлением позволяет достичь высокой степени уплотнения тугоплавкой керамики без активирующих добавок.

С целью оптимизации физико-механических характеристик материала на основе карбида кремния были выполнены исследования, связанные с изучением его тонкой структуры.