

ИССЛЕДОВАНИЕ МАКРОСТРУКТУРЫ И ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ СТАЛИ ПРИ АЛМАЗНО-ИСКРОВОМ ШЛИФОВАНИИ

Шевченко С.М. (НТУ «ХПИ», г. Харьков),

Плотников А.Л., д-р техн. наук (ВГТУ, г. Волгоград, Россия)

Дитиненко С.А., канд. техн. наук (ХНЭУ, г. Харьков)

Колупаев И.Н., канд. физ.-мат. наук (НТУ «ХПИ», г. Харьков)

В работе приведены результаты исследований макроструктуры и шероховатости поверхности стали при алмазно-искровом шлифовании

Введение и постановка задачи. Метод алмазно-искрового шлифования (АИШ) относится к комбинированным упрочняющим методам обработки деталей машин, в которых совмещаются процессы пластической деформации и структурно-фазовые превращения [1, 2]. В результате АИШ–упрочнения в поверхностном слое стали формируется структура гарденита («белого слоя»). Белые слои как метастабильные структуры, состоят из высоко дисперсного мартенсита, остаточного аустенита и карбидов, а в отдельных случаях и феррита (в зависимости от исходной микроструктуры стали). Такие структуры намного дисперснее структур обычной закалки. Белые слои являются катодами по отношению к основному металлу или зоне, лежащей под ними; плохо травятся обычными реактивами и более коррозионностойки; обладают повышенной твердостью, прочностью. В результате фазовых структурных превращений и пластического деформирования в них возникают остаточные напряжения сжатия. Такие физико-механические и электромеханические свойства обуславливают высокую работоспособность импульсно–упрочненного материала [2].

В процессе АИШ–упрочнения электрические разряды играют ведущую роль: способствуют лучшему проникновению смазочно-охлаждающей жидкости в зону резания и на контактные участки режущей поверхности круга с металлом; являются дополнительным источником тепла, изменяют тепловой баланс шлифования [3]. Под действием разряда происходит быстрый высокотемпературный локальный нагрев поверхности электродов с образованием макролунок за счет плавления, кипения, испарения металла и выброса его в виде микрошариков. Макролунок представляют собой зону эрозии поверхностного слоя под действием электрической энергии.

При применении энергии постоянного напряжения происходит стабильное перемыкание электродов срезаемой стружкой и частицами диспергированного металла. Между связкой шлифовального круга, стружкой и обрабатываемым материалом возникают разряды, которые могут быть кратковременные – в случае, если образующаяся стружка–электрод с большой скоростью перемыкает зазор после инициирования разряда или нормальной длительности – если условия позволяют полностью позволяют сформироваться разряду после пробоя. При этом анод (круг) претерпевает, обычно меньше повреждения, чем катод.

Межэлектродный промежуток заполнен смазочно-охлаждающей жидкостью, как правило, это слабый раствор электролита. Электрические разряды, действующие в зоне шлифования, оказывают существенное влияние на рабочую поверхность инструмента и на формирование поверхностного слоя изделия [3]. В связи с выше изложенным возникает задача оценить влияние АИШ в режиме упрочнения на одни из основных показателей качества поверхности обрабатываемого изделия: макроструктуру и шероховатость поверхностного слоя.

Цель работы – определение макроструктуры и шероховатости поверхностного слоя после АИШ.

Результаты исследований. Исследования проводились на образцах из углеродистых сталей 45, У7, У12 в состоянии после закалки и низкого отпуска и последующего АИШ–упрочнения по двум режимам: АИШ № 1 (оптимальный для упрочнения режим обработки с глубиной шлифования $t = 0,07$ мм) и АИШ №2 (режим при котором, по данным предварительных исследований, не образуется качественный белый слой ($t = 0,035$ мм)). Шлифовальный круг был подключен к источнику постоянного тока мощностью до 3,6 кВт, напряжение в сети 36 В, сила тока зависела от параметра поперечной подачи (t , мм). Макроструктура поверхности после алмазно-искрового шлифования изучалась с помощью металлографического микроскопа при увеличении в 30 раз (рис. 1,а).

В рамках макроскопического анализа была посчитана площадь лунок $S_{\text{лун}}$ в мм^2 , образовавшихся от эрозионного действия искры, в процессе АИШ. Для этого, для увеличения контрастности, на поверхность образцов была нанесена вододисперсионная краска (рис. 1,б). Затем было проведено повторное фотографирование образцов. С помощью методики и специальной компьютерной программы обработки изображения [4] была выделена темная и светлая составляющие

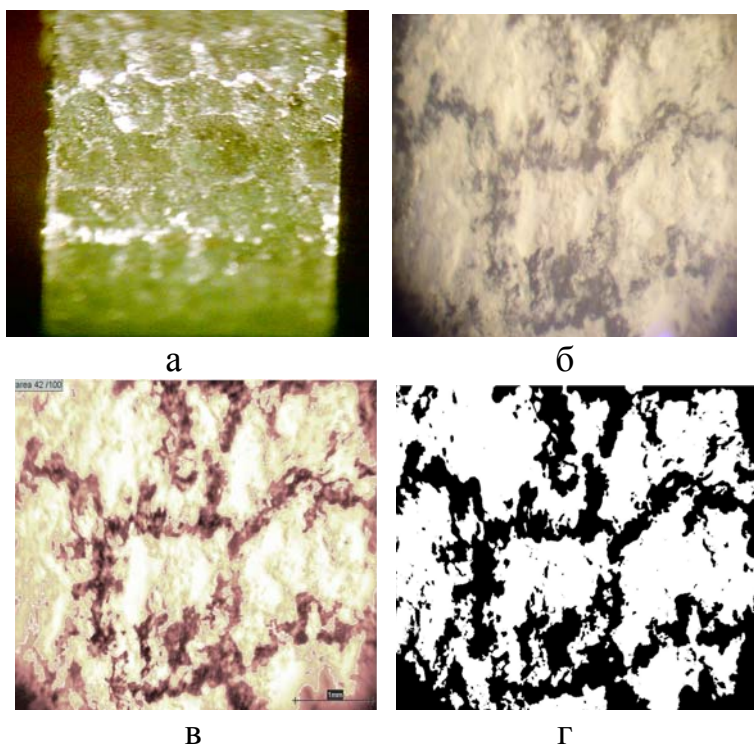


Рис. 1. Вид поверхности образца и обработка изображения для расчета площади лунок $S_{\text{лун}}$.

изображения (монохромное изображение) (рис.1,в, г). Далее было посчитано процентное соотношение темной и светлой составляющих макроструктуры обработанных образцов и линейки (с целью определения масштаба изображения). Результаты исследования представлены в табл. 1. Шероховатость поверхности исследовалась на образцах из стали У7 (с исходной структурой мартенсит отпуска). Измерение шероховатости производилось традиционным контактным методом, путем прощупывания рельефа образца, на приборе Surtronic 3+.

Площадь зоны эрозии углеродистых сталей в результате АИШ–обработки

Сталь	Площадь лунок, мм ²	
	АИШ №1	АИШ №2
Сталь 45	11,56	11,35
У7	10,5	10,25
У12	12,34	12,17

Макроскопический анализ показал, что электроэрозионные следы появляются на обработанной поверхности случайно. Интенсивность действия разрядов на обрабатываемый материал и соответственно их влияние на шероховатость обработанной поверхности возрастают с повышением силы технологического тока, зависящего от глубины шлифования. Величина площади лунок или размер электроэрозии зависит не только от технологических параметров обработки, но и от содержания углерода в стали, которое в свою очередь определяет величину теплопроводности (рис. 2).

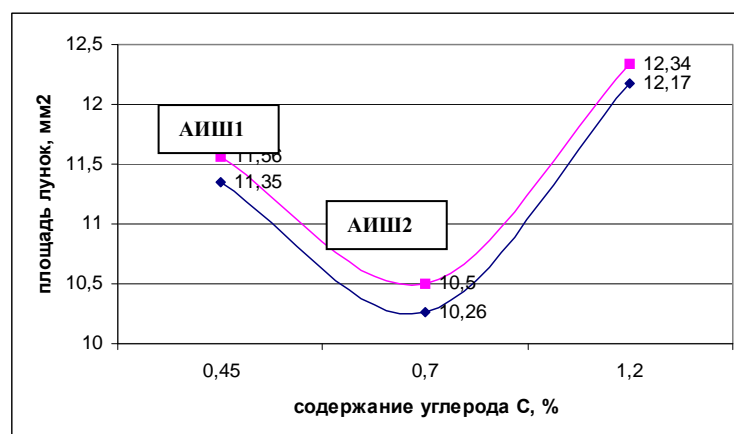


Рис. 2. Площадь лунок (размер электроэрозии) поверхности углеродистых сталей после АИШ.

Коэффициент теплопроводности λ , [Вт/(М·°С)]

Марка стали	Температура испытания, °С					
	20	100	300	500	700	900
Сталь 45	52	51	46	38	30	26
У7	46	46	41	33(600°С)	-	29
У12	40	45	44	35	28	25

Теплопроводность стали, существенно влияет на скорость охлаждения металла, формирование белых слоев и величину эрозионной зоны поверхностного слоя стали (табл. 2) [5]. Чем выше теплопроводность стали, тем меньше размер электроэрозии поверхности. Сталь У7 при температуре 900 °С имеет наибольшую теплопроводность ($\lambda = 29$ [Вт/(М·°С)]) из исследуемых углеродистых сталей и наименьшую величину электроэрозии. Наибольшая электроэрозия стали У12, объясняется не только наименьшим коэффициентом теплопроводности, но и наличием карбидов цементита в структуре данной стали, которые ухудшают теплоотвод.

Таблица 3

Характеристики шероховатости поверхностного слоя стали У7 при АИШ

№	Режимы обработки	Характеристики шероховатости	
		Среднее отклонение профиля R_a , мкм	Средняя величина неровностей R_z , мкм
1.	АИШ № 1	4,2	21,2
2.	АИШ № 2	3,94	13,1
3.	АИШ № 1 + выхаживание	1,68	8,6
4.	АИШ № 2 + выхаживание	1,36	8,2

Результаты исследования шероховатости представлены в табл. 3.

Режим АИШ №1 формирует более выраженную шероховатость по сравнению с режимом АИШ №2 из-за большей глубины шлифования и силы тока в этом режиме.

Режимы позиций 3 и 4 (табл. 3) после обработки АИШ включали выхаживание поверхности, которое осуществлялось по упругой схеме, при отсутствии поперечной подачи. После АИШ №1, выхаживание понизило значения R_a и R_z на 40 %, а после АИШ №2, R_a уменьшилось на 34 %, R_z – на 63 %.

Исследование показало, что шероховатость поверхности после алмазно-искрового шлифования можно значительно улучшить (до 6 – 7 класса) за счет введения в цикл обработки процесса выхаживания.

Выводы. Таким образом, метод АИШ–упрочнения невозможно применять без включения процесса выхаживания в цикл обработки. Такая комплексная отделочно – упрочняющая технология позволит обеспечить не только формирование структуры белого слоя, но и значительно улучшает шероховатость поверхности, в результате износостойкость обрабатываемых изделий должна повышаться [6].

Список литературы

1. Погребной Н.А. Импульсное упрочнение стали в процессе алмазно – искрового шлифования [Текст] / Н.А. Погребной, С.М. Шевченко, С.А. Ди-

- тиненко, Ю.Г. Гуцаленко // Резание и инструмент в технологических системах: сб. ст. Харьков: НТУ «ХПИ», 2005. Вып 68. – С. 323–327.
2. Бабей Ю.И. Физические основы импульсного упрочнения стали и чугуна [Текст] / Ю.И. Бабей. – К: Наукова думка, 1988. – 237 с.
 3. Фукс М.Я. Состояние поверхностного слоя материалов после алмазной и эльборовской обработки [Текст] / М.Я. Фукс, Н.К. Беззубенко, Б.М. Свердлова. – К: Вища школа, 1979. – 160 с.
 4. Колупаев И.Н. Количественная обработка цифровых изображений микроструктур (система MatLab): Учеб. метод. пособие [Текст] / И.Н. Колупаев, И.Г. Шипкова. – Харьков: НТУ “ХПИ”, 2006. – 84 с.
 5. Сорокин В.Г. Марочник сталей и сплавов [Текст] / В.Г. Сорокин, А.З. Волосникова и др. Под. общ. ред. Сорокина В.Г. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
 6. Маталин А.А. Качество поверхности и эксплуатационные свойства деталей машин [Текст] / А.А. Маталин. – М.: Машгиз. 1956. – 252 с.