

УДК 621.923

Д. В. Ревенко, старший преподаватель*Севастопольский национальный технический университет,**ул. Университетская, 33, г. Севастополь**tm@sevntu.com.ua***ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ КОМБИНИРОВАННОГО ШЛИФОВАНИЯ НА ПАРАМЕТРЫ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ В НАПЛАВЛЕННЫХ ПОКРЫТИЯХ**

Рассматривается методика исследования качества поверхностного слоя наплавленных покрытий из сормаитов и определение оптимальных параметров качества поверхностного слоя, соответствующих условиям эксплуатации деталей.

Ключевые слова: *комбинированное шлифование, поверхностный слой, макронапряжения, износостойкость, стойкость, импульсный разряд, эрозионное воздействие.*

Введение. На эксплуатационные свойства деталей машин наряду с геометрическими и другими физико-механическими показателями состояния поверхностного слоя большое влияние оказывают остаточные макронапряжения, величина и характер изменения которых зависит от режимов обработки. В частности, результаты ряда работ свидетельствуют о положительном влиянии сжимающих остаточных напряжений на повышение износостойкости.

Вопрос влияния условий обработки на формирование остаточных напряжений в наплавленных покрытиях не изучен.

Целью данной статьи является установить закономерности влияния режимов алмазно-искрового шлифования на величину, знак и характер распределения остаточных напряжений по глубине поверхностного слоя на примере обработки наплавки сормаитами, являющихся основными материалами для повышения износостойкости деталей типа тел вращения.

Основное содержание работы. В настоящей работе исследование имело целью установить закономерности влияния режимов комбинированного шлифования на величину, знак и характер распределения остаточных напряжений по глубине поверхностного слоя на примере обработки наплавки сормаитами, являющейся основным материалом для повышения износостойкости деталей типа тел вращения. В процессе прокатки циклические тепловые воздействия вызывают появление поверхностных трещин, от растягивающих напряжений, что приводит к выкрашиванию поверхности и резко повышает износ. При этом формирование в поверхностном слое напряжений сжатия способствует уменьшению образования поверхностных трещин от растягивающих напряжений, повышая стойкость деталей.

Таким образом, остаточные напряжения являются одним из параметров качества поверхности, определяющим износ наплавки, и исследование влияния режимов обработки на формирование остаточных напряжений является актуальной задачей технологического управления эксплуатационными свойствами наплавленных покрытий [1]. Окружные остаточные напряжения в покрытии определялись по методу Н.Н. Давиденкова.

С целью получения количественных статистических зависимостей остаточных напряжений от режимов обработки был поставлен планируемый эксперимент, представляющий дробную реплику типа 2^{5-2} . В каждой строке матрицы планирования опыты повторялись не менее трех раз. В качестве переменных факторов, характеризующих условия обработки, были приняты: V_d – скорость изделия, м/мин; $V_{кр}$ – скорость круга, м/с; $S_{п}$ – поперечная подача, мм/дв.ход; $S_{пр}$ – продольная подача, м/мин; U_m – амплитудное напряжение, В. Интервалы варьирования факторов представлены в таблице 1. Образцы шлифовали кругом АС6 160/125 МНК-100%.

Таблица 1 – Интервалы варьирования факторов при исследовании остаточных макронапряжений и параметров микрогеометрии

Уровни варьирования	Режимы обработки				
	V_d , м/мин	$V_{кр}$, м/с	$S_{п}$, мм/дв.ход	$S_{пр}$, м/мин	U_m , В
Верхний	70	36	0,012	1,0	44
Нижний	40	18	0,004	0,2	30

Эпюры остаточных напряжений характеризовались следующими величинами (рисунок 1): σ_0 – поверхностные напряжения, МПа; σ' – экстремальные напряжения, МПа; h' – глубина залегания экстремальных напряжений, мм; h – общая глубина распространения технологических остаточных напряжений, мм.

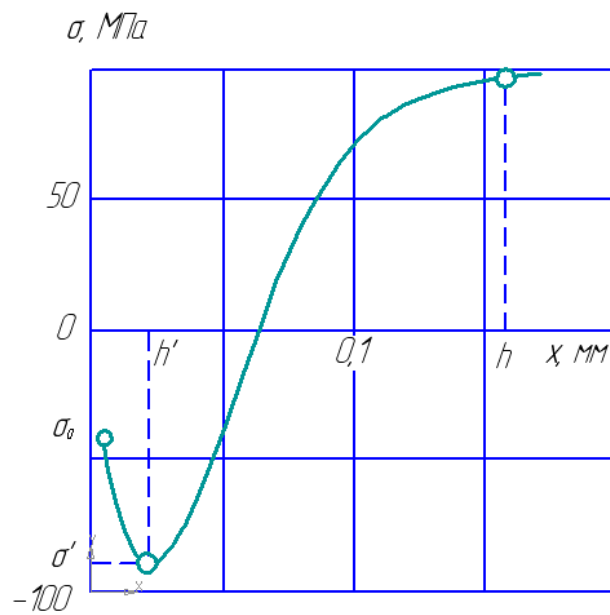


Рисунок 1 – Характерный вид распределения остаточных макронапряжений в наплавленном покрытии после комбинированного шлифования

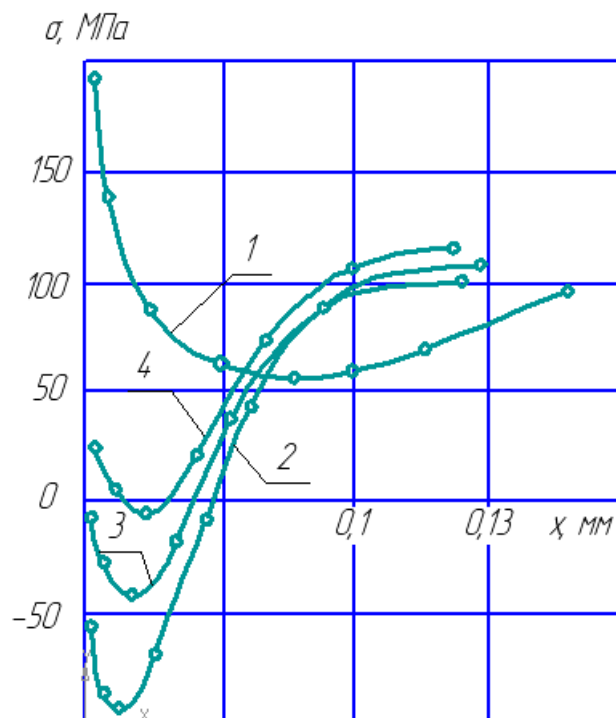


Рисунок 2 – Остаточные напряжения в наплавленном покрытии после абразивного (1) и комбинированного шлифования: 2 - $U_m = 30В$, 3 - $U_m = 38В$, 4 - $U_m = 44В$

За поверхностные остаточные напряжения принимались напряжения на глубине 3 мкм. Общая глубина распространения технологических остаточных напряжений определялась таким образом, чтобы соответствующие ей остаточные напряжения составляли не менее 96-98% от исходных напряжений в наплавленном покрытии.

В результате реализации плана эксперимента и статистической обработки его результатов получены следующие зависимости:

$$\sigma_0 = 79,202 \times V_{KP}^{0,046} \times S_{II}^{0,118} \times S_{III}^{0,108} \times U_m^{0,574} - 400, \quad (1)$$

$$\sigma' = 52,615 \times V_{KP}^{0,092} \times S_{II}^{0,148} \times S_{III}^{0,131} \times U_m^{0,658} - 400, \quad (2)$$

$$h' = 3,831 \times 10^{-5} \times V_D^{0,25} \times V_{KP}^{0,28} \times S_{II}^{0,372} \times S_{III}^{0,217} \times U_m^{1,645}, \quad (3)$$

$$h = 1,693 \times V_{KP}^{-0,04} \times S_{II}^{0,337} \times S_{III}^{0,213} \times U_m^{-0,167}, \quad (4)$$

Адекватность уравнений (1) – (4) подтверждена проверкой по критерию Фишера. Анализ полученных зависимостей показывает, что наибольшее влияние на характер распределения остаточных напряжений в поверхностном слое (σ_0 , σ' , h') оказывает амплитудное напряжение импульсных разрядов. Повышение амплитудного напряжения приводит к интенсификации электроэрозионных процессов и возрастанию роли теплового фактора в формировании остаточных напряжений. Однако для всех режимов шлифования происходит уменьшение исходных остаточных напряжений растяжения в наплавленном покрытии (100-120МПа), которые для большей части режимов обработки переходят в сжимающие. Поверхностные остаточные напряжения изменяются от -121 до +95МПа. Общая глубина распространения технологических остаточных напряжений с ростом амплитудного напряжения импульсных разрядов уменьшается. Такое изменение можно объяснить одновременным разупрочняющим действием теплового поля от электроэрозионных процессов, облегчением процессов микрорезания и общим снижением силовых параметров обработки.

С увеличением поперечной и продольной подач возрастают как усилия резания и степень пластической деформации, так и температура нагрева зоны резания. При этом рост тепловой напряженности процесса происходит более интенсивно по сравнению с силовой, что определяется уменьшением сжимающих напряжений, следует также учитывать снижение условного напряжения резания с ростом указанных факторов. Одновременно с этим, при увеличении площади среза отдельным алмазным зерном, возрастают удельные объемы деформированного металла и общая глубина распространения остаточных напряжений, которая составляет 0,1-0,18мм. С увеличением поперечной и продольной подач уменьшаются зоны остаточного эрозионного воздействия. Из-за незначительной площади этих зон их влияние существенно не проявляется в макрообъемах материала, поэтому преобладающее воздействие на формирование остаточных напряжений при постоянном напряжении оказывают процессы, сопровождающие микрорезание.

Влияние продольной и поперечной подач на исследуемые характеристики остаточных напряжений практически равноценно. Если требуется улучшить структурную однородность поверхности и получить максимально возможные остаточные напряжения сжатия в поверхностном слое, то следует увеличивать S_{III} , оказывающую большее влияние на изменение интенсивности остаточного эрозионного воздействия.

Повышение скорости вращения круга увеличивает интенсивность выделения тепла в зоне резания и уменьшает толщину слоя, снимаемого отдельным алмазным зерном, что увеличивает воздействие теплового фактора и ослабляет влияние пластической деформации.

Наименее существенное влияние на изменение исследуемых величин оказывает скорость вращения детали. Это влияние значимо только для глубины залегания экстремальных напряжений. По видимому, незначительное влияние скорости детали объясняется тем, что изменение уровня силового фактора и мощности теплового источника компенсируется уменьшением длительности теплового воздействия на единицу площади обрабатываемого материала с ростом скорости детали. За счет увеличения V_D можно уменьшать интенсивность остаточного эрозионного воздействия на обрабатываемую поверхность без значимого изменения остаточных макронапряжений.

С целью сравнения остаточного напряжения состояния в наплавленном покрытии после различных методов шлифования в центре плана эксперимента ($V_D=55$ м/мин; $V_{KP} = 27$ м/с; $S_{II} = 0,008$ мм/дв.ход; $S_{III} = 0,6$ м/мин) были поставлены опыты для алмазного (рисунок 3) и абразивного (кругом 24A16ПС27K5) шлифования (рисунок 2). При абразивном шлифовании преобладающее влияние образования остаточных напряжений имеет тепловой фактор (см. рисунок 2), формирующий растягивающие напряжения. Резкое снижение общей тепловой напряженности при алмазно-искровом шлифовании, по сравнению с абразивным, обуславливают формирование сжимающих остаточных напряжений при $U_m = 30$ В (кривая 2) и меньших растягивающих при $U_m = 44$ В (кривая 4). При U_m не более 38В для указанных механических режимов обработки в поверхностном слое формируются напряжения сжатия. При работе с амплитудным напряжением 30В обеспечивается формирование поверхностных остаточных напряжений сжатия для всех сочетаний режимов обработки в исследуемом факторном пространстве.

При небольших амплитудных напряжениях импульсов формируются несколько большие по абсолютной величине остаточные напряжения сжатия, чем при обычном алмазном шлифовании

предварительно правленным кругом (см. рисунок 3, кривая 1). Воздействие разрядов носит весьма локальный характер и не оказывает существенного влияния на температурный градиент в макрообъемах материала. При этом электрические разряды оказывают эффективное правящее действие на алмазный круг, поддерживая высокую развитость режущего рельефа и вызывая преобладающее влияние силового фактора в формировании остаточных напряжений при алмазно-искровом шлифовании. В результате электроискрового воздействия на алмазные зерна на поверхности последних образуются дополнительные микрокромки, что уменьшает силы трения и позволяет дополнительно снизить теплонапряженность процесса.

Кроме того, влияние силового фактора (резания алмазными зернами круга) дополняется действием пондеромоторных сил электрических разрядов, способствующих возникновению в микрообъемах металла, прилегающих к участкам эрозионного воздействия, напряжений сжатия.

С ростом импульсного напряжения возрастает глубина дефектного слоя и зоны термического влияния от отдельных электрических разрядов. В зависимости от мощности электрических разрядов их интенсивность может быть настолько велика, что они вызывают изменение знака остаточных напряжений, т.е. в поверхностном слое возможно формирование растягивающих напряжений.

При потере алмазным кругом режущих свойств с течением времени ввиду засаливания сжимающие остаточные напряжения в поверхностном слое также могут резко уменьшаться и даже переходить в растягивающие (рисунок 3, кривая 2).

Для получения экспериментальных зависимостей, позволяющих для любого сочетания режимов обработки получать эпюры распределения остаточных напряжений в поверхностном слое образца, была реализована методика. Интервалы варьирования факторов при планировании эксперимента без изменений (таблица 1). В качестве примера полиномиальных моделей первого этапа расчетов, приведена эпюра, согласно следующему уравнению:

$$\sigma = -72,08 - 38,09 \times 10^2 \times x + 22,73 \times 10^5 \times x^3 + 10,01 \times 10^6 \times x^4, \tag{5}$$

В таблице 2 приведены мультипликативные зависимости коэффициентов обобщенной полиномиальной регрессии. Оценки коэффициентов b_k уравнения (3.7), выраженные мультипликативными моделями, несколько ухудшают аппроксимацию экспериментальных данных. С ростом аргумента x (глубина поверхностного слоя) возрастает погрешность, вызванная неточностью независимых оценок коэффициентов b_k моделями (3.9). Проверка обобщенного регрессионного уравнения на адекватность показывает пригодность модели для анализа распределения технологических остаточных напряжений не на всю глубину их распределения, а до глубины 0,06мм. При этом отклонение остаточных напряжений, предсказанных обобщенным уравнением регрессии, от экспериментальных значений не превышает 14%, что вполне достаточно для практического использования полученных зависимостей.

Таким образом, обобщенное уравнение регрессии позволяет прогнозировать вид распределения технологических остаточных напряжений на глубину до 0,06мм для любого сочетания режимов обработки в выбранном факторном пространстве.

Важнейшие эксплуатационные свойства деталей машин (износостойкость, контактная жесткость) в значительной мере зависят от параметров шероховатости, существенно определяющих характер контактного взаимодействия. Так, в процессе изнашивания поверхностей по окончании приработки исходная шероховатость, определяемая технологией изготовления деталей, преобразуется в равновесную, которая может быть как больше, так и меньше исходной. Равновесная шероховатость является оптимальной для данных условий эксплуатации и обеспечивает минимальное изнашивание. Получение при шлифовании технологической шероховатости, близкой по своим параметрам к эксплуатационному профилю, позволит сократить процесс приработки и повысить износостойкость наплавленных покрытий. В связи с этим для технологического обеспечения требуемых эксплуатационных параметров шероховатости наплавов необходимо знать возможности процесса обработки и установить связь между режимами шлифования и параметрами шероховатости. Как показывают результаты многочисленных исследований, такая задача может быть решена на основе математико-статистических моделей процесса обработки.

Таблица 2 – Коэффициенты полиномиальной регрессии, полученные планированием эксперимента

Коэффициент	Зависимость
b_0	$62,345 \cdot V_{KP}^{0,055} \cdot S_{II}^{0,111} \cdot S_{III}^{0,112} \cdot U_m^{0,621} - 400$
b_1	$-2,201 \cdot 10^2 \cdot V_D^{0,089} \cdot V_{KP}^{-0,072} \cdot S_{II}^{-0,552} \cdot S_{III}^{-0,234}$
b_2	$10,228 \cdot 10^4 \cdot V_D^{-0,064} \cdot V_{KP}^{-0,187} \cdot S_{II}^{-0,82} \cdot S_{III}^{-0,497} \cdot U_m^{-0,783}$
b_3	$-15,394 \cdot 10^5 \cdot V_D^{-0,179} \cdot V_{KP}^{-0,280} \cdot S_{II}^{-1,035} \cdot S_{III}^{-0,654} \cdot U_m^{-0,931}$
b_4	$6,234 \cdot 10^6 \cdot V_D^{-0,318} \cdot V_{KP}^{-0,383} \cdot S_{II}^{-1,226} \cdot S_{III}^{-0,787} \cdot U_m^{-1,039}$

В результате исследований были получены адекватные зависимости параметров микропрофиля от условий обработки, которые имеет вид:

$$(Ra, Sm, \rho, \Delta) = b_0 \times V_D^{b_1} \times V_{KP}^{b_2} \times S_{II}^{b_3} \times S_{III}^{b_4} \times U_m^{b_5}, \quad (6)$$

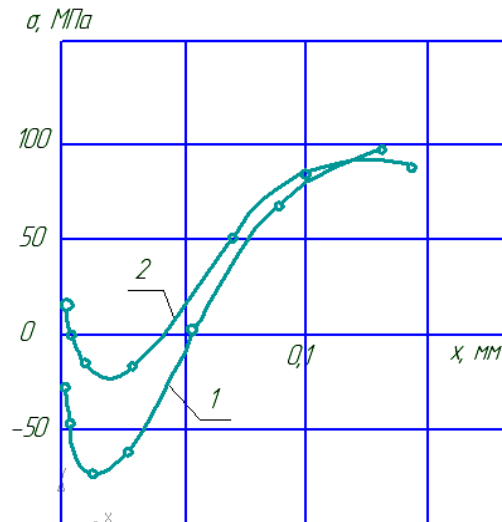


Рисунок 3 – Распределение остаточных напряжений в наплавленном покрытии 3Х2В8 после алмазного шлифования в течении 15 (1) и 40 мин (2)

Диапазоны изменения режимов шлифования при планировании эксперимента (дробная реплика 2^{5-2}) представлены в таблице 1. Образцы с наплавленным покрытием 3Х2В8 обрабатывались кругами АС6 160/125М МНК-100%. Значения коэффициентов, входящих в уравнения (6) приведены в таблице 3.

Высотный параметр Ra может быть уменьшен за счет повышения скорости круга, что объясняется увеличением числа зерен, участвующих в процессе резания. Из других механических режимов обработки наименьшее влияние на параметр Ra оказывает изменение скорости детали.

Таблица 3 – Значение коэффициентов b_i , входящих в зависимости (6)

Параметры микропрофиля	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5
Ra, мкм	5,703	0,050	-0,144	0,295	0,310	0,235
Sm, мкм	55,368	-0,018	-0,081	0,078	0,124	0,230
ρ , мкм	8,109	-0,086	-0,012	-0,140	-0,061	0,230
Δ	3,086	0,136	-0,141	0,437	0,370	0,002

Влияние амплитудного напряжения на высотные параметры определяется увеличением глубины микролунк от электроэрозионного воздействия с ростом U_m и большей правкой круга. При этом за счет большего выступания зерен из связки шероховатость обработанной поверхности при комбинированном шлифовании несколько выше (на 10-20%), чем при обычном алмазном (рисунок 4).

Вместе с тем, с ростом напряжения увеличивается радиус микровыступов профиля. Такой характер зависимости объясняется преобладающим ростом Sm при повышении интенсивности эрозионного воздействия. С увеличением площади участков эрозионного воздействия уменьшается количество рисков на обрабатываемой поверхности от алмазных зерен. Кроме того, средний шаг неровностей по эрозионным микролункам повышается с ростом их глубины. Однако для увеличения радиуса микровыступов не следует рекомендовать повышение U_m из-за ухудшения структуры поверхностного слоя. С ростом продольной подачи увеличивается расстояние между следами двух соседних зерен и возрастает средний шаг неровностей профиля. Увеличение Sm одновременно с ростом Ra определяет меньшее влияние продольной подачи на изменение радиуса микровыступов. Параметром Q целесообразно управлять, варьируя поперечную подачу.

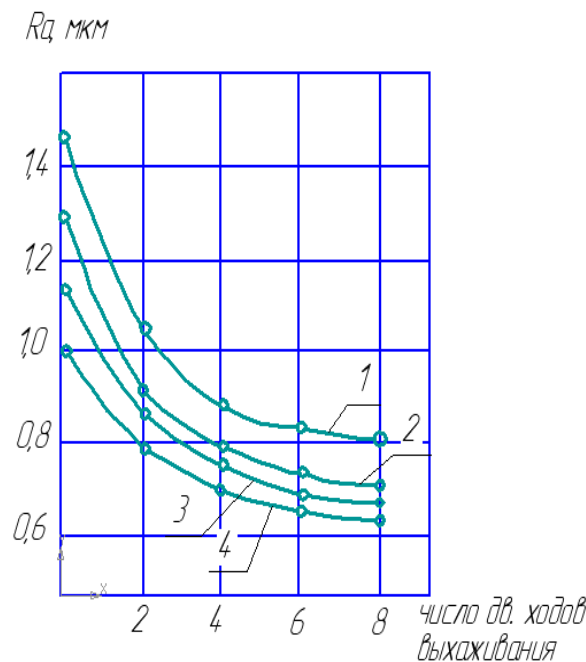


Рисунок 4 – Зависимость высотного параметра шероховатости Ra, от числа двойных ходов выхаживания (к) для алмазного шлифования (2,4) и АИШ (1,3) наплавки 3Х2В8 (3,4) и 25Х5ФМС (1,2). Режимы обработки: $V_d=45$ м/мин, $V_{кр}=25$ м/с, $S_{II}=6$ мкм/дв.ход, $S_{III}=0,2$ м/мин; для АИШ при $k=0$ $U_m=30$ В, при $k \geq 1$ $U_m=0$

Высотные параметры шероховатости, как правило, имеют тесную корреляционную связь, близкую к функциональной. Расчеты выборочного коэффициента парной корреляции между Ra и Rp, Ra и Rmax, показывают, что он составляет соответственно 0,94 и 0,92. Между указанными параметрами существует статистически значимая линейная связь: $R_p = K_p Ra$; $R_{max} = K_m Ra$, где $K_p = 3,11$; $K_m = 6,33$. Таким образом, обеспечение при комбинированном шлифовании наплавки 3Х2В8 параметра Ra приводит к автоматическому получению конкретных величин Rp и Rmax.

Для исследуемых интервалов режимов обработки и условий шлифования относительная опорная кривая профиля изменяется незначительно. Параметр t_{pm} составляет 0,51-0,54, в среднем $t_{pm} = 0,52$. Параметры начального участка опорной кривой определяются по формулам (3.3), (3.4); $v = 2,232$; $b = 2,537$.

В соответствии с результатами исследований шероховатость обработанной поверхности кругом с характеристикой АС6 160/125М МНК-100% находится в пределах $Ra = 1,08 - 3,07$ мкм.

Обработка наплавки 25Х5ФМС сопровождается формированием больших высотных параметров шероховатости поверхности по сравнению с наплавкой 3Х2В8 (таблица 4, рисунок 4).

Это объясняется известным положением о повышении высотных параметров микрогеометрии с уменьшением твердости обрабатываемого материала [2]. При микрорезании единичным зерном установлено уменьшение коэффициента стружкообразования с понижением твердости испытываемого материала [3], что приводит к увеличению по краям царапин навалов пластически деформированного металла без удаления его в стружку.

При определении путей технологического обеспечения требуемых параметров шероховатости необходимо учитывать влияние режимов обработки на остаточные напряжения и структурно-прочностную неоднородность поверхностного слоя, определяемую прежде всего интенсивностью остаточного электроэрозионного воздействия.

Шероховатость поверхностного слоя по $Ra \geq 1,6-1,7$ мкм обеспечивается режимами обработки без остаточного электроэрозионного воздействия ($V_{кр} = 30$ м/с, $V_d = 60$ м/мин, $S_{II} = 4$ мкм/дв.ход, $U_m = 30$ В, $S_{III} \geq 0,8$ м/мин). Данная шероховатость удовлетворяет требованиям для большинства деталей с теплостойкими наплавками, работающими в условиях высоких удельных нагрузок, в частности, по валкам прокатных станов.

Для удаления неоднородного поверхностного слоя (2-3 мкм при U_m до 36В) при технологическом обеспечении параметра Ra меньше 1,6-1,7 мкм для одного-двух последних проходов цепь технологического тока необходимо отключать. Для снижения шероховатости менее 1 мкм нужно уменьшать зернистость и осуществлять окончательное формирование поверхности с выхаживанием

($U_m = 0$, см. таблицу 4, рисунок 4). Используя алмазы зернистостью 160/125, можно уменьшить шероховатость поверхности по Ra за счет выхаживания до 0,7 мкм, для зернистости 100/80 – до 0,5 мкм.

Таблица 4 – Геометрические параметры шероховатости наплавов при алмазно-искровом шлифовании. Режимы обработки: $V_d=45$ м/мин; $V_{кр}=25$ м/с; $S_{п}=0,006$ мм/дв.ход; $S_{пп}=0,2$ м/мин; $U_m=30$ В

Материал наплавки	Зернистость алмазов	Ra, мкм	Rp, мкм	Rmax, мкм	Sm, мкм	ρ , мкм	Δ	t_{pm}	ν	b
3Х2В8	100/80	0,93	2,91	5,87	41,23	28,29	0,135	0,53	2,32	2,71
	160/125	1,29	4,01	8,17	47,85	28,03	0,192	0,52	2,23	2,54
	250/200	1,56	4,84	9,87	52,17	27,82	0,227	0,52	2,23	2,72
25Х5ФМС	100/80	1,24	3,91	7,91	47,93	27,87	0,186	0,53	2,24	2,57
	160/125	1,48	4,69	9,4	52,13	27,16	0,230	0,52	2,24	2,50
	250/200	1,81	5,59	11,31	54,49	26,59	0,283	0,52	2,21	2,47

Выводы

1. При комбинированном шлифовании электрические разряды оказывают преобладающее воздействие на стружку, образующуюся в процессе обработки. Исходный импульс, задаваемый генератором, распадается в процессе обработки на ряд микроимпульсов, инициируемых срезаемой стружкой.

2. Установлено, что контактный нагрев при микрорезании не приводит к появлению на обработанной поверхности наплавов зон вторичной термообработки в исследуемом интервале режимов обработки (производительность шлифования 600-2200мм³/мин). В условиях постоянной правки круга основной причиной ухудшения качества поверхности является непосредственное электроэрозионное воздействие, проявляющееся в основном при амплитудном напряжении выше 40В.

3. Установлено, что комбинированное шлифование сопровождается массопереносом элементов связки круга на обрабатываемую поверхность в местах воздействия электроэрозионного воздействия. Распределение элементов определяется формой и протяженностью эрозионных лунок. Наличие элементов связки круга на обработанной поверхности может служить идентификацией остаточного электроэрозионного воздействия.

4. Теоретическими и экспериментальными исследованиями установлено, что в условиях комбинированного шлифования уменьшение остаточного электроэрозионного воздействия и повышение однородности поверхностного слоя может быть достигнуто за счёт целенаправленного изменения механических режимов обработки при постоянстве энергии импульсов и интенсивности электроэрозионной правки круга. Изменение скорости детали, продольной и поперечной подач приводит к перераспределению энергии импульса по поверхности детали и по глубине между слоем снимаемого материала и обработанной поверхностью. Наибольшее влияние на уменьшение остаточного электроэрозионного воздействия и повышение однородности поверхностного слоя оказывает продольная подача и скорость детали. С ростом указанных факторов происходит увеличение среднего объёма контактирующих стружек и уменьшение плотности разрядов. С увеличением скорости детали уменьшается также мощность теплового потока, воздействующего на единицу площади обрабатываемой поверхности.

5. Результаты исследования качества поверхности наплавов показывают, что для электрических режимов обработки (30-36В), обеспечивающих постоянство режущей способности алмазного инструмента на используемой связке МНК в широких пределах режимов шлифования, наблюдается незначительное отрицательное влияние процессов электроэрозионного воздействия на качество обработанной поверхности. Повышение напряжения импульсов выше 36В нецелесообразно как для обеспечения минимальной себестоимости обработки, так и для обеспечения высокого качества поверхностного слоя.

6. Комбинированное шлифование позволяет увеличивать производительность обработки без существенных структурных изменений в наплавленных покрытиях при микрорезании, повышая одновременно однородность поверхности за счёт уменьшения остаточного электроэрозионного воздействия. Повышение производительности обработки ограничивается требованиями по параметрам шероховатости поверхностного слоя и экономически обоснованному удельному расходу алмазов.

7. При напряжении 30-35В незначительное остаточное электроэрозионное воздействие может быть полностью устранено за счёт изменения механических режимов обработки. Если невозможно одновременно обеспечить однородность структуры, т.е. отсутствие следов эрозионного воздействия на обработанной поверхности, и выполнить требования по другим характеристикам качества поверхности (остаточные макронапряжения, параметры шероховатости), то 1-2 чистовых прохода без тока достаточно для полного снятия дефектного слоя при работе с напряжением 30-40В.

8. Показано, что в области оптимальных по удельной себестоимости обработки режимов шлифования достигается высокое качество обработанной поверхности без следов остаточного электроэрозионного воздействия.

9. При комбинированном шлифовании наплавленных покрытий преобладающее влияние в формировании остаточных макронапряжений оказывает силовой фактор. Для всех режимов шлифования наплавки ЗХ2В8 происходит уменьшение исходных остаточных напряжений растяжения и формирование сжимающих напряжений (до -121 МПа) для большей части режимов обработки.

Перспективы дальнейших исследований в данной области.

Получены эмпирические зависимости характеристик микрогеометрии и остаточных напряжений от режимов обработки, которые позволяют прогнозировать микрогеометрию поверхности и остаточные напряжения. При технологическом обеспечении требуемых остаточных напряжений и шероховатости поверхности с целью повышения однородности поверхностного слоя необходимо увеличивать продольную подачу или скорость детали при равнозначном по влиянию уменьшении глубины шлифования.

Библиографический список используемой литературы

1. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения: В 10 т. / Ф.В. Новиков, А.В. Якимов, Г.В. Новиков, А.А. Якимов, В.П. Ларшин, Ю.Н. Кривошапка, С.А. Дитиненко, Г.А. Оборский, В.М., Тонконогий, П.Т. Слободяник. — Одесса, 2004. — Т. 7. Точность обработки деталей. — 546 с.

2. Новоселов Ю.К. Динамика формообразования поверхностей при абразивной обработке / Ю.К. Новоселов. — Изд-во Саратов. ун-та, 1979. — 232 с.

3. Братан С.М. Технологические основы обеспечения качества и повышения стабильности высокопроизводительного чистового и тонкого шлифования: дис... доктора техн. наук: 05.02.08: защищена 23.03.06: утв. 25.06.06 / Братан Сергей Михайлович. — Одесса, 2006. — 337 с.

Поступила в редакцию 12.01.2014 г.

Ревенко Д.В. Вплив режимів комбінованого шліфування на параметри якості поверхневого шару в наплавлених покриттях

Розглядається методика дослідження якості поверхневого шару наплавлених покриттів з Сормайт та визначення оптимальних параметрів якості поверхневого шару, що відповідають умовам експлуатації деталей.

Ключові слова: комбіноване шліфування, поверхневий шар, макронапруг, зносостійкість, стійкість, імпульсний розряд, ерозійний вплив.

Revenko D.V. The influence of combined grinding on quality of surface layer weld deposit

The technique of research quality of the surface layer of deposited coatings of sormite and to determine the optimal parameters of the quality of the surface layer, the relevant details of the operating conditions.

Keywords: combined grinding, surface layer, macrostresses, wear resistance, pulsed discharge, erosive effect.