

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЛОКАЛЬНЫЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ ШЛИФОВАНИИ С НАЛОЖЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ

© 2016

А.Н. Унянин, доктор технических наук, доцент
Ульяновский государственный технический университет, Ульяновск (Россия)

Ключевые слова: шлифование; ультразвуковые колебания; локальные температуры; смазочно-охлаждающая жидкость.

Аннотация: Одним из средств снижения тепловой напряженности процесса шлифования является использование энергии ультразвуковых колебаний (УЗК). Однако известные исследования не раскрывают механизм влияния УЗК на локальные температуры. Для установления значимости технологических факторов, влияющих на температуру процесса шлифования с УЗК, необходимо разработать физические и математические модели для расчета коэффициентов теплоотдачи, методику, алгоритм и программное обеспечение для расчета локальных температур, выполнить численное моделирование температур. Установлены факторы, оказывающие преобладающее влияние на локальные температуры при шлифовании с наложением УЗК. Даны зависимости для расчета скорости движения смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) в зоне контакта шлифовального круга с заготовкой, расхода СОЖ через зону контакта и коэффициентов теплоотдачи от заготовки, абразивных зерен и связки круга к СОЖ. Разработаны методика и программное обеспечение для расчета температурного поля и методики численного моделирования температур. Приведены результаты численного моделирования локальных температур в зоне контакта зерна с заготовкой и со стружкой при микрорезании первым из последовательно работающих зерен.

При наложении УЗК температуры уменьшаются, главным образом, в результате изменения напряженно-деформированного состояния в зоне обработки за счет уменьшения прочностных характеристик, в том числе временного сопротивления материала заготовки, и изменения кинематики микрорезания материала заготовки единичными абразивными зернами шлифовального круга. Увеличение расхода СОЖ через зону обработки и интенсификация ее охлаждающего действия оказывают незначительное влияние на локальные температуры. Установлено влияние параметров УЗК (амплитуды и фазы) на изменение локальных температур в зависимости от продолжительности контакта зерна с заготовкой. В результате впервые аналитическим путем установлена степень влияния технологических факторов на локальные температуры при шлифовании с УЗК. Установлено, что использование УЗК позволяет уменьшить локальные температуры в среднем на 12 ... 24 %.

ВВЕДЕНИЕ

При использовании ультразвуковых колебаний (УЗК) тепловая напряженность процесса шлифования снижается в результате совместного действия многих факторов, основными из которых являются:

1) изменение напряженно-деформированного состояния в зоне обработки за счет уменьшения прочностных характеристик, в том числе временного сопротивления материала заготовки [1–3];

2) изменение кинематики микрорезания материала заготовки единичными абразивными зернами (АЗ) шлифовального круга [4–7];

3) увеличение расхода смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) через зону обработки и интенсификация ее функциональных действий в этой зоне, в том числе охлаждающего [1; 2; 8].

Однако степень влияния этих факторов на локальные температуры не установлена. Целью исследования является установление значимости технологических факторов, влияющих на температуру процесса шлифования с применением УЗК.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

СОЖ, движущаяся в зоне контакта круга с заготовкой, соприкасается с нагретыми поверхностями объектов (заготовки, АЗ и связки круга), и в зависимости от их температуры устанавливается режим конвективного теплообмена или режим теплоотдачи при кипении (если температура поверхностей выше температуры насыщения жидкости) [9–12].

Если температура поверхности ниже температуры насыщения СОЖ, то коэффициент теплоотдачи определяется зависимостью [10–12]

$$\alpha_{ж} = \frac{Nu_f \cdot \lambda_{жф}}{\ell_x}, \quad (1)$$

где Nu_f – безразмерный комплекс, называемый критерием Нуссельта, при определяющей температуре, равной температуре набегающего потока СОЖ;

$\lambda_{жф}$ – теплопроводность СОЖ при этой же температуре, Вт/(м·К);

ℓ_x – характерный размер поверхности, м.

$$Nu_f = 0,56 \cdot Re_f^{0,5} \cdot Pr_f^{0,36} \cdot \left(\frac{Pr_f}{Pr_w} \right)^{0,25} \quad (2)$$

при $Re_f \leq 10^3$ и

$$Nu_f = 0,28 \cdot Re_f^{0,6} \cdot Pr_f^{0,36} \cdot \left(\frac{Pr_f}{Pr_w} \right)^{0,25} \quad (3)$$

при $Re_f > 10^3$,

где Re , Pr – числа Рейнольдса и Прандтля.

Параметры, в обозначениях которых имеется индекс « f », выбирают по температуре набегающего потока СОЖ (на выходе из сопла для подачи), индекс « w » – по средней температуре объекта.

Число Рейнольдса Re_f определяется по зависимости [10–12]

$$Re_f = \frac{V_{ж} \cdot \ell_{к}}{V_{жф}}, \quad (4)$$

где $V_{ж}$ – средняя скорость движения СОЖ в зоне контакта круга с заготовкой, м/с;

$\ell_{к}$ – длина дуги контакта шлифовального круга с обрабатываемой заготовкой, м;

$V_{жф}$ – кинематическая вязкость СОЖ, м²/с.

Средняя скорость движения СОЖ в зоне контакта шлифовального круга с заготовкой в случае отсутствия фазовых превращений жидкости может быть определена по формуле [12; 13]:

$$V_{ж} = \frac{V_{к}}{2} + \frac{1}{12\mu_{ж}} \cdot \frac{P_0 - P_{01}}{\ell_{к}} \cdot h_0^2, \quad (5)$$

где $V_{к}$ – рабочая скорость шлифовального круга, м/с;

$\mu_{ж}$ – динамическая вязкость СОЖ, Па·с;

P_0 и P_{01} – давление СОЖ на входе и выходе из контактной зоны, Па;

h_0 – средняя толщина слоя жидкости между шлифовальным кругом и обрабатываемой поверхностью заготовки, м.

Из (5) получена зависимость для расчета массового расхода СОЖ через зону контакта при отсутствии фазовых превращений и использовании УЗК.

$$G_1 = \left(\frac{(P_0 - P_{01}) \cdot h_0^3 \cdot \rho_{ж} \cdot H_3}{12 \cdot \mu_{ж} \cdot \ell_{к}} + \frac{V_{к} \cdot h_0 \cdot \rho_{ж} \cdot H_3}{2} \right) \cdot K_{УЗК}, \quad (6)$$

где H_3 – высота шлифовального круга, или размер обрабатываемой заготовки в направлении, совпадающем с осью круга, м;

$\rho_{ж}$ – плотность СОЖ, кг/м³;

$K_{УЗК}$ – коэффициент, учитывающий увеличение расхода СОЖ через зону контакта при наложении УЗК.

Наличие фазовых превращений СОЖ при высокой температуре в зоне контакта круга с заготовкой приводит к уменьшению ее массового расхода через эту зону. В этом случае расход СОЖ определяется по зависимости [13]. Введение УЗК способствует разрушению образовавшихся в контактной зоне паровоздушных пузырьков жидкости и увеличению ее расхода на 20 ... 30 % [8; 13–16].

Создание в движущемся потоке СОЖ колебаний давления является средством воздействия на турбулентные потоки, формирующиеся около охлаждаемых объектов (заготовки, АЗ и связки круга). В работах [8; 17] приведены зависимости для расчета коэффициента, характеризующего интенсивность турбулентного переноса в пограничном слое жидкости, формируемом вокруг охлаждаемых объектов. На значения этого коэффициента и числа Прандтля, определяющего теплопроводность пограничного слоя СОЖ, можно воздействовать энергией УЗК. Однако численное моделирование показало, что заметное воздействие на пограничный слой имеет место лишь при значительных частотах ко-

лебаний, значительно превышающих используемый частотный диапазон промышленных УЗ-установок, который составляет 18 ... 40 кГц. По этой причине оказать заметное воздействие на охлаждающее действие СОЖ за счет наложения УЗК возможно посредством увеличения ее расхода через зону контакта шлифовального круга с заготовкой.

Возможны также технологические эффекты, связанные с интенсификацией механического действия СОЖ (эффект Ребиндера) и изменением ее физико-химических свойств, в том числе структуры жидкости, выделением свободного кислорода и образованием реакционно-активных комплексов при наложении УЗК [18–20]. За счет этого в зоне обработки формируются прочные смазочные и адсорбированные пленки, препятствующие развитию адгезионных процессов и уменьшающие интенсивность износа и засаливания шлифовального круга.

Для моделирования температурного поля процесса шлифования с наложением УЗК доработали методику и программное обеспечение, описанные в [5; 13]. Методика учитывает влияние на температуру большого количества факторов, в том числе определяющих условия проникновения СОЖ в зону шлифования (зависимости (5), (6)) и ее охлаждающее действие (зависимости (1)–(4)), кинематику микрорезания с наложением УЗК и механические свойства материала заготовки. Дифференциальные уравнения теплопроводности решали численным методом конечных элементов [21].

Численное моделирование температур выполнили при следующих исходных данных: плоское многопроходное шлифование периферией круга; материал заготовки – сталь 40Х; материал АЗ шлифовального круга – электрокорунд нормальный; зернистость – F60 (25-я); рабочая скорость круга $V_{к}=35$ м/с; скорость продольной подачи $V_{сп}=10$ м/мин; глубина шлифования $t=0,01$ мм. Моделировали наложение на заготовку УЗК частотой 18600 Гц с различной амплитудой. Фиксировали локальные температуры T_2 на площадке контакта АЗ с заготовкой и T_2 на площадке контакта со стружкой при микрорезании первым АЗ, когда материал заготовки не прогрет в результате работы предыдущих зерен.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что интенсификация охлаждающего действия СОЖ за счет увеличения ее расхода через зону контакта круга с заготовкой при наложении УЗК на 25 % [13] привело к снижению локальных температур на 2 ... 3 %. Таким образом, данный фактор оказывает незначительное влияние на температурное поле.

Чтобы выявить факторы, влияющие на локальные температуры при наложении УЗК, выполнен расчет температур при варьировании амплитудой и фазой колебаний при неизменном пределе прочности материала заготовки (рис. 1). Установлено, что при наложении УЗК амплитудой $A_3=2$ мкм с фазами $\varphi=0^\circ$ и 180° температура T_2 уменьшается на 2 и 7 % соответственно, T_2 – на 11 и 25 %. Следовательно, изменение кинематики микрорезания при наложении УЗК оказывает заметное влияние на локальные температуры, причем в большей степени – на температуру T_2 .

Моделирование одновременного изменения кинематики и временного сопротивления материала заготовки приводит к снижению локальных температур в большей степени. При амплитуде $A_y=1$ мкм температура T_2 в зоне контакта АЗ с заготовкой оказалась ниже на 8 ... 9 %, температура T_2' в зоне контакта АЗ со стружкой – на 8 ... 14 %. При наложении колебаний амплитудой $A_y=2$ мкм локальные температуры снизились в большей степени: температура T_2 – на 9 ... 14 %, T_2' – на 17 ... 31 % (рис. 2, 3).

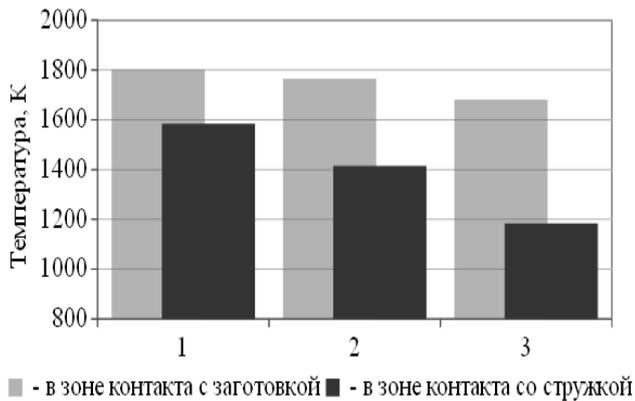


Рис. 1. Влияние кинематики микрорезания на температуру в зоне контакта зерна с заготовкой (T_2) и со стружкой (T_2'):

1 – $A_y=0$; 2 – $A_y=2$ мкм, $\varphi=0^\circ$; 3 – $A_y=2$ мкм, $\varphi=180^\circ$

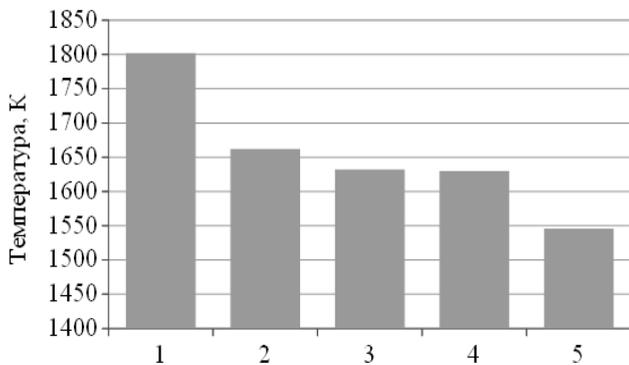


Рис. 2. Температура T_2 в зоне контакта АЗ с заготовкой: 1 – $A_y=0$; 2 – $A_y=1$ мкм, $\varphi=0^\circ$; 3 – $A_y=1$ мкм, $\varphi=180^\circ$; 4 – $A_y=2$ мкм, $\varphi=0^\circ$; 5 – $A_y=2$ мкм, $\varphi=180^\circ$

Локальные температуры существенно зависят от фазы УЗК, причем меньшие температуры зафиксированы при фазе $\varphi=180^\circ$. Полученный результат можно объяснить тем, что при этой фазе имеет место минимальная длина траектории, на которой АЗ осуществляет микрорезание заготовки (при $\varphi=180^\circ$ и $A_y=2$ мкм эта длина составляет 36 % от длины контакта АЗ с заготовкой [4; 5]). В данном случае АЗ не осуществляет микрорезание на большей части траектории, что и обуславливает снижение теплосилового напряженности процесса в большей степени. Максимальная длина траектории

микрорезания получена при $\varphi=0^\circ$ и составляет при $A_y=2$ мкм 72 %, поэтому теплосиловая напряженность при этой фазе максимальная. Длины траекторий микрорезания и локальные температуры при фазах 90° и 270° занимают промежуточное значение.

Разность температур при различных фазах тем больше, чем выше амплитуда УЗК. При $A_y=1$ мкм разность температур T_2 при фазах $\varphi=0^\circ$ и $\varphi=180^\circ$ составляет 2 %, температур T_2' – 6 %; при $A_y=2$ мкм эта разность составляет 5 и 15 % соответственно (рис. 2, 3).

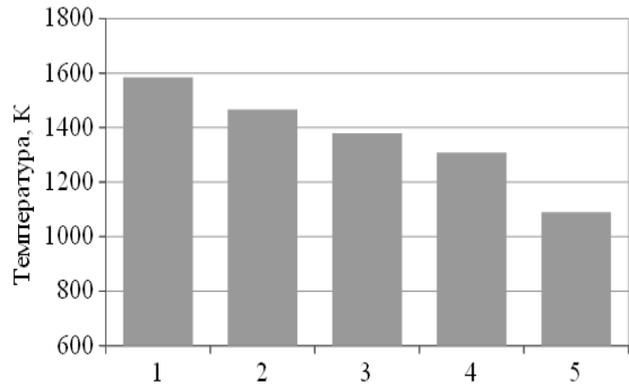


Рис. 3. Температура T_2' в зоне контакта АЗ со стружкой: 1 – $A_y=0$; 2 – $A_y=1$ мкм, $\varphi=0^\circ$; 3 – $A_y=1$ мкм, $\varphi=180^\circ$; 4 – $A_y=2$ мкм, $\varphi=0^\circ$; 5 – $A_y=2$ мкм, $\varphi=180^\circ$

При шлифовании без наложения УЗК локальные температуры увеличиваются с увеличением продолжительности контакта АЗ с заготовкой (рис. 4, 5, кривая 1). При наложении колебаний с фазой $\varphi=0^\circ$ в начальный период контакта глубина внедрения АЗ в заготовку выше, а в конце траектории ниже, чем в случае отсутствия УЗК [4; 5]. Соответственно, и локальные температуры в начальный период контакта с заготовкой незначительно ниже, чем при $A_y=0$ (кривые 1 и 2 на рис. 4, 5). На заключительном этапе контакта зерна с заготовкой разность температур существенно выше, поскольку ниже глубина внедрения.

При фазе колебаний $\varphi=180^\circ$ в начальный период контакта как глубина внедрения АЗ в заготовку, так и локальные температуры ниже, чем без наложения УЗК (кривые 1 и 3 на рис. 4, 5). В частности, в момент времени $8,54 \cdot 10^{-6}$ с температура T_2 ниже на 23 %, T_2' – в 3,25 раза. На заключительном этапе глубина внедрения АЗ в заготовку при наложении УЗК увеличивается, поэтому увеличиваются и температуры, однако и на этом этапе температуры ниже, чем без наложения УЗК.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Установлено влияние на локальные температуры кинематики микрорезания, механических характеристик материала заготовки и охлаждающего действия СОЖ при шлифовании с УЗК. При наложении УЗК температуры снижаются, главным образом, за счет изменения механических характеристик материала заготовки и кинематики микрорезания единичными абразивными зернами.

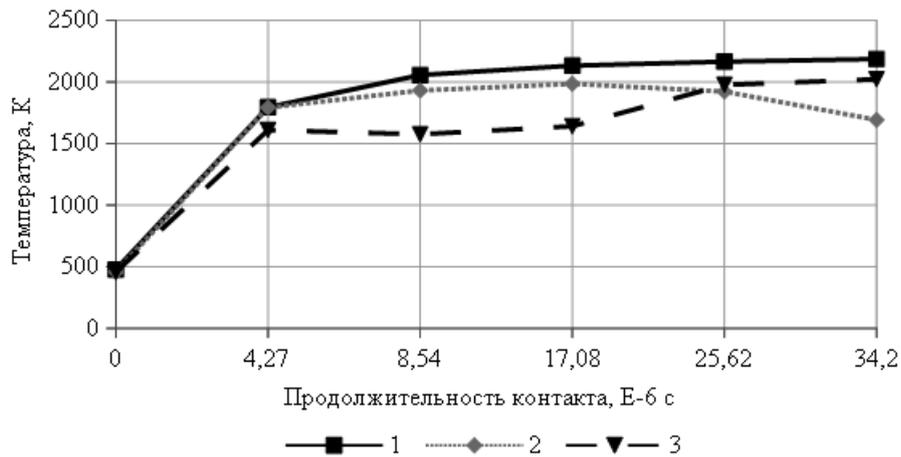


Рис. 4. Зависимость температуры T_2 в зоне контакта АЗ с заготовкой от продолжительности контакта: 1 – $A_y=0$; 2 – $A_y=2$ мкм, $\varphi=0^\circ$; 3 – $A_y=2$ мкм, $\varphi=180^\circ$

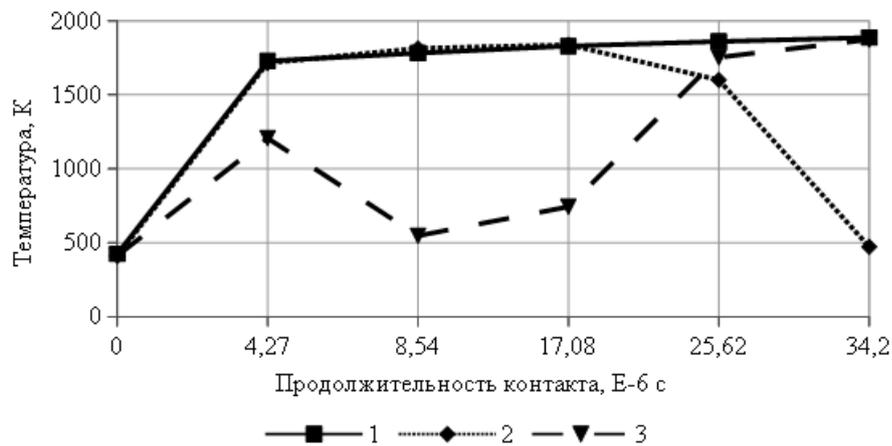


Рис. 5. Зависимость температуры T_2' в зоне контакта АЗ со стружкой от продолжительности контакта: 1 – $A_y=0$; 2 – $A_y=2$ мкм, $\varphi=0^\circ$; 3 – $A_y=2$ мкм, $\varphi=180^\circ$

2. Использование УЗК амплитудой 2 мкм позволяет снизить локальные температуры в среднем на 12 ... 24 %. Следовательно, применение УЗК является эффективным средством снижения локальных температур процесса шлифования.

Исследования выполнены при поддержке РФФИ (проект 14-08-01059).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вологин М.Ф., Калашников В.В., Нерубай М.С., Штриков Б.Л. Применение ультразвука и взрыва при обработке и сборке. М.: Машиностроение, 2002. 264 с.
2. Агапов С.И. Интенсификация процесса обработки труднообрабатываемых материалов при введении ультразвуковых колебаний в зону резания. Волгоград: ВолгГТУ, 2009. 78 с.
3. Агапов С.И., Головкин В.В. Повышение эффективности механической обработки путем применения ультразвука. Самара: Изд-во СНЦ РАН, 2010. 134 с.
4. Унянин А.Н. Кинематика микрорезания абразивными зернами при шлифовании с наложением ультразвуковых колебаний на заготовку // Современные наукоемкие технологии: приоритеты развития и подготовка кадров: сб. ст. междунар. науч.-техн. конференции. Казань: Изд-во Казанского гос. техн. ун-та, 2014. С. 92–97.
5. Унянин А.Н. Исследование температур при шлифовании с наложением ультразвуковых колебаний // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. 2015. № 2-2. С. 191–195.
6. Кумабэ Д. Вибрационное резание. М.: Машиностроение, 1985. 424 с.
7. Подураев В.Н. Обработка резанием с вибрациями. М.: Машиностроение, 1970. 353 с.
8. Киселев Е.С., Ковальцов В.Н. Механическая обработка заготовок в условиях критического тепло-массопереноса. М.: РАН, 2008. 250 с.
9. Резников А.Н. Теплофизика процессов механической обработки материалов. М.: Машиностроение, 1981. 279 с.
10. Резников А.Н., Резников Л.А. Тепловые процессы в технологических системах. М.: Машиностроение, 1990. 288 с.

11. Болгарский А.В., Мухачев Г.А., Шукин В.К. Термодинамика и теплопередача. М.: Высшая школа, 1975. 495 с.
12. Унянин А.Н. К вопросу о теплообмене контактирующих при шлифовании объектов с окружающей средой // Физические и компьютерные технологии в народном хозяйстве: сб. трудов 4-й междунар. науч.-техн. конференции. Харьков: ХГПУ, 2001. С. 79–82.
13. Худобин Л.В., Унянин А.Н. Минимизация засаливания шлифовальных кругов. Ульяновск: УлГТУ, 2007. 298 с.
14. Киселев Е.С. Теплофизика правки шлифовальных кругов с применением СОЖ. Ульяновск: УлГТУ, 2001. 170 с.
15. Технологические свойства новых СОЖ при обработке резанием / под ред. М.И. Клушина. М.: Машиностроение, 1979. 192 с.
16. Киселев Е.С., Унянин А.Н., Ковальногов В.Н. Эффективность применения новой ультразвуковой техники подачи СОЖ при совмещенном и фасонном шлифовании // Вестник машиностроения. 2001. № 1. С. 48–50.
17. Ковальногов Н.Н. Пограничный слой в потоках с интенсивными воздействиями. Ульяновск: УлГТУ, 1996. 246 с.
18. Худобин Л.В., Котельникова В.И., Полянсков Ю.В. Ультразвуковая активация СОЖ при абразивной обработке // Вестник машиностроения. 1975. № 4. С. 51–53.
19. Ефимов В.В. Научные основы техники подачи СОЖ при шлифовании. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1985. 140 с.
20. Ребиндер П.А. Поверхностные явления в дисперсных системах. Физико-химическая механика. М.: Наука, 1979. 381 с.
21. Колдаев В.Д. Численные методы и программирование. М.: ИНФРА-М, 2009. 544 с.
5. Unyanin A.N. The study of temperature field when grinding with ultrasonic activation. *Vektor nauki Tolyattinskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2015, no. 2-2, pp. 191–195.
6. Kumabe D. *Vibratsionnoe rezanie* [Vibration cutting]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1985. 424 p.
7. Poduraev V.N. *Obrabotka rezaniem s vibratsiyami* [Cutting with vibrations]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1970. 353 p.
8. Kiselev E.S., Kovalnogov V.N. *Mekhanicheskaya obrabotka zagotovok v usloviyakh kruticheskogo teplomassoperenosa* [Mechanical processing of blank parts in the circumstances of critical heat and mass transfer]. Moscow, RAN Publ., 2008. 250 p.
9. Reznikov A.N. *Teplofizika protsessov mekhanicheskoy obrabotki materialov* [Thermal physics of mechanical processing of materials]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1981. 279 p.
10. Reznikov A.N., Reznikov L.A. *Teplovye protsessy v tekhnologicheskikh sistemakh* [Thermal processes in technological systems]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1990. 288 p.
11. Bolgarsky A.V., Mukhachev G.A., Shchukin V.K. *Termodinamika i teploperedacha* [Thermodynamics and Heat transfer]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1975. 495 p.
12. Unyanin A.N. On the issue of heat exchange of the objects contacting with the environment during grinding. *Sbornik trudov 4oy mezhdunar. nauch.-tekhn. konferentsii "Fizicheskie i kompyuternye tekhnologii v narodnom khozyaystve"*. Kharkov, KhGPU Publ., 2001, pp. 79–82.
13. Khudobin L.V., Unyanin A.N. *Minimizatsiya zasalivaniya shlifovalnykh krugov* [Minimizing brining grinding wheels]. Ulyanovsk, UIGTU Publ., 2007. 298 p.
14. Kiselev E.S. *Teplofizika pravki shlifovalnykh krugov s primeneniem SOZh* [Thermal physics of wheel dressing with lubricating-cooling fluid application]. Ulyanovsk, UIGTU Publ., 2001. 170 p.
15. Klushin M.I., ed. *Tekhnologicheskie svoystva novykh SOZh pri obrabotke rezaniem* [Processing characteristics of new lubricants during cutting]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1979. 192 p.
16. Kiselev E.S., Unyanin A.N., Kovalnogov V.N. Efficiency of new ultrasonic technique for lubricant supply in complex grinding. *Vestnik mashinostroeniya*, 2001, no. 1, pp. 48–50.
17. Kovalnogov N.N. *Pogranichny sloy v potokakh s intensivnymi vozdeystviyami* [Boundary layer in flows with severe exposure]. Ulyanovsk, UIGTU Publ., 1996. 246 p.
18. Khudobin L.V., Kotelnikova V.I., Polyanskov Yu.V. Ultrasonic activation of lubricating-cooling fluids during abrasive treatment. *Vestnik mashinostroeniya*, 1975, no. 4, pp. 51–53.
19. Efimov V.V. *Nauchnye osnovy tekhniki podachi SOZh pri shlifovanii* [Scientific foundations of technology of lubricants feeding during grinding]. Saratov, Saratovskiy universitet Publ., 1985. 140 p.
20. Rebinder P.A. *Poverkhnostnye yavleniya v dispersnykh sistemakh. Fiziko-khimicheskaya mekhanika* [Surface

REFERENCES

1. Vologin M.F., Kalashnikov V.V., Nerubay M.S., Shtrikov B.L. *Primenenie ultrazvuka i vzryva pri obrabotke i sborke* [Application of ultrasonic vibrations and explosion when processing and assembling]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 2002. 264 p.
2. Agapov S.I. *Intensifikatsiya protsessa obrabotki trudnoobrabatyvaemykh materialov pri vvedenii ultrazvukovykh kolebaniy v zony rezaniya* [Intensification of treatment process of hard-to-treat materials when introducing ultrasonic vibrations to cutting area]. Volgograd, VolgGTU Publ., 2009. 78 p.
3. Agapov S.I., Golovkin V.V. *Povyshenie effektivnosti mekhanicheskoy obrabotki putem primeneniya ultrazvuka* [Efficiency improvement of mechanical treatment by means of ultrasonic application]. Samara, SNTs RAN Publ., 2010. 134 p.
4. Unyanin A.N. Kinematics of micro-cutting by abrasive grains during workpiece ultrasonic assisted grinding. *Sbornik statey mezhdunar. nauch.-tekhn. konferentsii "Sovremennyye naukoemkie tekhnologii: priority razvitiya i podgotovki kadrod"*. Kazan, Kazansky gos. tekhn. universitet Publ., 2014, pp. 92–97.

phenomena in disperse systems. Physicochemical me-
chanics]. Moscow, Nauka Publ., 1979. 381 p.

21. Koldaev V.D. *Chislennyye metody i programmirovaniye*
[Numerical methods and programming]. Moscow, IN-
FRA-M Publ., 2009. 544 p.

THE INFLUENCE OF TECHNOLOGY FACTORS ON THE LOCAL TEMPERATURES DURING THE ULTRASONICALLY ASSISTED GRINDING

© 2016

A.N. Unyanin, Doctor of Sciences (Engineering), Associate Professor
Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk (Russia)

Keywords: grinding; ultrasonic vibrations; local temperatures; lubricating-cooling fluid.

Abstract: The application of ultrasonic vibrations (USV) power is one of the means for heat depression of the grinding process. However, the existing studies do not reveal the mechanism of USV influence on the local temperatures. To identify the significance of technological factors influencing the temperature of ultrasonic assisted grinding process, it is necessary to develop physical and mathematical models for heat-transfer factor calculation, the methodology, the algorithm and the software for the local temperatures calculation, and to carry out the numerical simulation of temperatures. The author specified the factors having prevalent influence on the local temperatures during ultrasonic assisted grinding and gave the dependencies for calculation of the lubricating-cooling fluid motion speed in the area of contact of a grinding wheel with a workpiece, lubricating-cooling fluid consumption through the area of contact and the heat-transfer factor of workpiece, abrasive grains and wheel bond to the lubricating-cooling fluid. The paper presents the results of numerical simulation of the local temperatures in the area of contact of a grain with a workpiece and a chip during micro-cutting by the first of the subsequently working grains. When applying USV, the temperatures reduce mostly in the result of the change of the strain-stress state in the treatment area due to the strength characteristics degradation including the tensile strength of a workpiece material and the change of kinematics of the workpiece material micro-cutting by the single abrasive grains of a grinding wheel. The increase of consumption of lubricating-cooling fluid through the treatment area and the intensification of its cooling action influence the local temperatures insignificantly. The author identified the influence of the USV parameters (amplitude and phase) on the local temperatures change depending on the duration of contact of a grain with a workpiece. As a result, the degree of technology factors influence on the local temperatures during the ultrasonic assisted grinding was established analytically for the first time. The author determined that the USV application allows reducing local temperatures by a mean of 12 ... 24 %.