

ботка металлов давлением: сб. науч. тр. Вып. XVIII / Ждановский металлургический институт; под ред. Д. И. Старченко. – М.: Metallurgy, 1969. – С. 5–15.

5. **Тарновский, И. Я.** Продольная прокатка профилей переменного сечения / И. Я. Тарновский, В. К. Смирнов, С. Л. Коцарь. – М.: Metallurgizdat, 1962. – 366 с.

6. **Смолянинов, А. Ф.** Обработка металлов давлением / А. Ф. Смолянинов, Г. Л. Лебедик, В. С. Лихан-

ский // ДМетИ. науч. тр. Metallurgy. – 1967. – № 53. – С. 255–262.

7. **Периодические** профили продольной прокатки (оборудование и технология) / Н. М. Воронцов [и др.]. – М.: Metallurgy, 1978. – 232 с.

Поступила 21.11.2007

УДК 621.9.048.4.06

## **ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА МАГНИТНО-ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ШЛИФОВАНИЯ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ**

*Докт. техн. наук, проф. СПИРИДОНОВ Н. В., асп. НЕРОДА М. В., инж. СОКОРОВ И. О.*

*Белорусский национальный технический университет,  
Барановичский государственный университет*

Развитие технологии восстановления поверхностей деталей машин газотермическими защитными покрытиями, обладающими высокой прочностью, твердостью и малой вязкостью, существенно повышает роль шлифования для их обработки.

Магнитно-электрическое шлифование (МЭШ) представляет собой способ комбинированной электрофизической обработки, при котором производится совмещение микрорезания абразивными зёрнами с электроконтактными и электроэрозионными воздействиями на обрабатываемую поверхность при наложении на зону обработки магнитного поля [1].

При обработке поверхность материала подвергается значительным температурным воздействиям. От степени нагрева металла, характера распределения теплоты и деформаций обрабатываемого поверхностного слоя зависят структурные и фазовые превращения, физико-механические и эксплуатационные свойства поверхности. Кроме того, от интенсивности протекания тепловых процессов в зоне резания зависят производительность шлифования и ка-

чество поверхностного слоя металла. При обработке упрочнённых поверхностей возможны изменение физико-механических свойств материала, потеря твердости, отслоение твёрдого покрытия, прижоги, образование шлифовочных трещин и т. д.

Из сказанного выше следует, что необходимо выявить и исследовать термические зоны МЭШ, а также определить влияние технологических факторов МЭШ на теплообразование в зоне обработки.

Известно, что на теплообразование в зоне МЭШ влияет ряд регулируемых переменных [1]:

- механическая энергия микрорезания, сдвига и трения;
- сопротивление контактной зоны и материала покрытия;
- время воздействия технологического тока;
- мощность микроразрядов;
- глубина шлифования;
- скорость на периферии токопроводящего абразивного круга;
- влияние внешнего магнитного поля на технологический ток и расплав.

При МЭШ на обрабатываемой поверхности можно выделить три термические зоны (рис. 1).

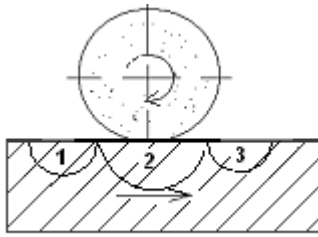


Рис. 1. Термические зоны на поверхности обработки при МЭШ

Первая зона – это зона до обработки. Она характеризуется температурой окружающей среды и термическим влиянием зоны 2.

Вторая зона – это непосредственно зона обработки. Характеризуется термическим влиянием технологического тока, сил трения, магнитной индукции и т. д.

Третья зона – это зона после обработки. Характеризуется процессом охлаждения, конвективным теплообменом между поверхностью детали и окружающей средой, а также полиморфными превращениями в поверхностном слое детали.

Источником теплоты является зона 2 (рис. 1), представляющая собой одномерный движущийся со скоростью  $v$  источник интенсивностью  $q$  и длиной  $L$  (рис. 2) [2].

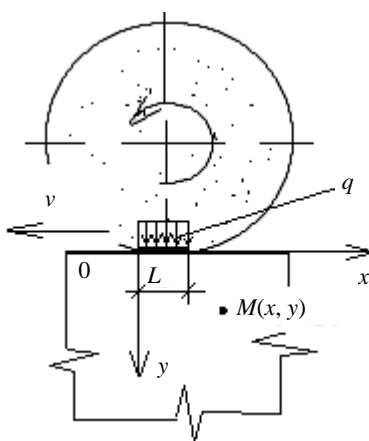


Рис. 2. Движущийся одномерный источник теплоты

Температура в точке  $M$  с координатами  $(x, y)$  определяется в этом случае по формуле [2]

$$\theta(x, y) = \frac{q\sqrt{wL}}{\lambda\sqrt{\pi xv}} \exp\left[-\frac{vy^2}{4wx}\right], \quad (1)$$

где  $q$  – интенсивность источника теплоты, кал/(см·с);  $w$  – коэффициент температуропроводности материала заготовки, см<sup>2</sup>/с;  $\lambda$  – то же теплопроводности, кал/(см·с·°С);  $v$  – скорость движения источника теплоты (продольная подача), мм/мин;  $x, y$  – координаты точки, в которой определяется температура, см.

Обработка образцов проводилась на экспериментальной установке НГФ-100 за один проход. Инструментом являлся токопроводящий абразивный круг марки ПП250×25×32 – 5С25СТ6КАЛ.

Образцами служили плоские и цилиндрические образцы с защитным газотермическим покрытием из порошкового сплава ПГ-СР 4 0М толщиной 0,5 мм. Измерение температуры производили пирометром Raynger МХ4 в точке, указанной на рис. 3. Температура окружающей среды, при которой проводилось измерение,  $T = 20$  °С.

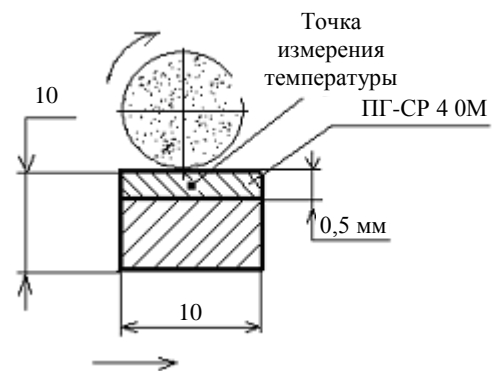


Рис. 3. Схема измерения температуры

В табл. 1 приведены значения технологических факторов МЭШ, при которых измерялась температура.

Таблица 1

Значения технологических факторов МЭШ, при которых исследовалась температура

Технологический ток $I$ , А	Магнитная индукция $B$ , Тл	Скорость на периферии круга $v$ , м/с	Продольная подача $S$ , мм/мин	Глубина резания $t$ , мм
2,5	0,05	8,4	396	0,05
5	0,1	13,2	681,6	0,075
10	0,2	21	750	0,1
15	0,3	33,6	936	0,15

Результаты измерений приведены ниже в табл. 2–6.

Таблица 2

**Изменение температуры от технологического тока**

I, А	Температура T, °С, в точке	Постоянные технологические факторы		
		S, мм/мин	t, мм	v, м/с
2,5	74	396	0,075	33,6
5,0	87,5	396	0,075	33,6
10	105	396	0,075	33,6
15	109	396	0,075	33,6

Таблица 3

**Зависимость температуры от изменения магнитной индукции**

B, Тл	Температура T, °С, в точке	Постоянные технологические факторы		
		I, А	t, мм	v, м/с
0,1	52	5	0,05	33,6
0,2	58	5	0,05	33,6
0,3	37	5	0,05	33,6
0,4	39	5	0,05	33,6

Таблица 4

**Зависимость температуры от изменения продольной подачи**

S, мм/мин	Температура T, °С, в точке	Постоянные технологические факторы		
		I, А	t, мм	v, м/с
396,0	39,53	15	0,075	33,6
681,6	33,5	15	0,075	33,6
750,0	31,2	15	0,075	33,6
936,0	3,1	15	0,075	33,6

Таблица 5

**Зависимость температуры от изменения скорости на периферии круга**

v, м/с	Температура T, °С, в точке	Постоянные технологические факторы		
		I, А	t, мм	S, мм/мин
8,40	36	10	0,075	750
13,2	93	10	0,075	750
21,0	106	10	0,075	750
33,6	120	10	0,075	750

Из анализа полученных данных видно, что с увеличением технологического тока I от 2,5 до 15 А температура в зоне обработки возрастала от 74 до 109 °С. Это объясняется большой мощностью электрических разрядов в зоне об-

работки и термическим влиянием образующихся в процессе резания электроконтактных мостиков.

Таблица 6

**Зависимость температуры от изменения глубины резания**

t, мм	Температура T, °С, в точке	Постоянные технологические факторы		
		I, А	v, м/с	S, мм/мин
0,050	91	10	33,6	750
0,075	128	10	33,6	750
0,10	98	10	33,6	750
0,125	102	10	33,6	750

Температурный всплеск происходил за достаточно короткий промежуток времени, далее температура начинала медленно падать в связи с удалением части припуска.

Наличие резких изменений в значениях температуры объясняется биением токопроводящего абразивного круга, а также нестабильностью электрических разрядов, связанных с изменением сопротивления цепи технологического тока.

Анализ данных эксперимента показывает, что остывание обрабатываемой поверхности образцов происходит интенсивнее с наложением на зону обработки МЭШ магнитного поля. Это объясняется тем, что происходит ускорение выброса продуктов эрозии и расплава из зоны шлифования за счет действия электромагнитной силы.

С увеличением продольной подачи S, мм/мин, время действия электрофизических и кинематических режимов на поверхность уменьшается. Следовательно, количество теплоты, передаваемое поверхности, также уменьшается. Повышение температуры покрытия происходит скачкообразно за короткий промежуток времени. При увеличении числа проходов температура растет до определенного значения, а затем начинает падать, так как происходит удаление слоя материала покрытия.

При повышении окружной скорости на периферии токопроводящего круга мощность в зоне обработки уменьшается, но температура растет за счет механической энергии микрорезания, сдвига и трения.

С увеличением глубины шлифования реализуются большие мощности в межэлектродном

пространстве. Площадь контакта зерен токопроводящего абразивного круга с обрабатываемой поверхностью увеличивается. Количество контактных мостиков увеличивается, температура при этом возрастает.

### ВЫВОДЫ

1. Получены зависимости температуры  $T$  от технологических факторов МЭШ ( $I, B, S, t, v$ ).

2. Установлено наличие термических зон МЭШ.

3. Выделение теплоты в зоне обработки МЭШ происходит в основном за счет влияния технологического тока. Действие технологических параметров МЭШ на температуру в зоне обработки можно расположить в следующем порядке:  $I \rightarrow t \rightarrow v \rightarrow S \rightarrow B$ .

4. Изменение температуры в зоне МЭШ оказывает влияние на производительность процесса МЭШ и качество поверхностного слоя покрытия.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриченко, Э. И. Роль режимов магнитно-электрического шлифования на теплообразование в зоне контакта / Э. И. Дмитриченко // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы междунар. науч.-техн. конф.: в 3 ч. / М-во образования Респ. Беларусь, М-во образования и науки Рос. Федерации, Могилевский облисполком., Нац. акад. наук Беларуси, Бел.-Рос. ун-т; редкол.: И. С. Сазонов (гл. ред.) [и др.]. – Могилев: Бел.-Рос. ун-т, 2006. – Ч. 1. – С. 50–51.

2. Резников, А. Н. Теплофизика процессов механической обработки материалов / А. Н. Резников. – М.: Машиностроение, 1981. – 279 с.

Поступила 10.10.2007

УДК 621.225.7

## УСТОЙЧИВОСТЬ РОТОРА АКСИАЛЬНО-ПОРШНЕВОЙ ГИДРОМАШИНЫ

*Асп. МАКОВСКИЙ М. А., докт. техн. наук, проф. ШЕВЧЕНКО В. С.,  
канд. техн. наук, доц. КОРОЛЬКЕВИЧ А. В.*

*Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси*

Мощность гидромашин определяется по известной формуле

$$N = pV_0n,$$

где  $p$  – рабочее давление;  $V_0$  – рабочий объем гидромашин;  $n$  – частота вращения вала гидромашин.

Повышение давления ограничивается такими факторами, как долговечность, надежность, КПД, прочность, динамическая нагруженность и др. Увеличение рабочего объема влечет рост габаритов, веса, стоимости.

Увеличение частоты вращения приводит к таким негативным явлениям, как:

- неустойчивость ротора, т. е. полная потеря герметичности гидромашин из-за отрыва блока цилиндров от распределителя;

- увеличение скорости движения рабочей жидкости в окнах распределителя из-за повышения расхода и окружной скорости ротора;

- снижение КПД из-за более интенсивного перемешивания рабочей жидкости в корпусе гидромашин.

Расход рабочей жидкости в системе определяется насосом. Окружная скорость ротора в зоне распределителя может быть снижена за счет уменьшения его радиуса. В случае применения плоских распределителей такое уменьшение приводит к тому, что результирующий вектор сил прижима и отжима ротора находится на значительном расстоянии от оси вращения ротора и зазор в паре «ротор – распределительный диск» становится клиновым, что существенно уменьшает долговечность пары