

УДК 621.922

КОНТРОЛЬ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА

© 2018 П.М. Салов¹, Н.В. Носов², Д.П. Салова³

¹Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, г. Чебоксары

²ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет».

³ОАО «Электроприбор», г. Чебоксары

Статья поступила в редакцию 25.06.2018

В статье рассмотрены вопросы, касающиеся работоспособности кругов, которая во многом определяется стойкостью. Рассмотрены исследования, посвященные комплексным моделям изнашивания. Установлены возможности энергетических методов исследований. Использование энергетического подхода позволяет получать результаты по оценке работоспособности режущей поверхности круга через два обобщенных показателя: один – это комплекс факторов, способствующих самоорганизации процесса изнашивания, второй – это накопление дефектов в поверхностном слое круга. Предложена аналитическая зависимость устанавливающая связь между производительностью, износом, усилиями резания, параметрами качества поверхности с накоплением дефектов.

Ключевые слова: шлифовальный круг, износ, комплексная модель, работоспособность, стойкость, ограничения, накопление дефектов, температура, теплота, энергия.

ВВЕДЕНИЕ

Работоспособность шлифовального круга является важнейшим параметром процесса. Она зависит, в первую очередь, от стойкости круга, которая во многом определяется способностью к самозатачиванию микро- и макропрофиля.

На рис.1 [1,2] представлена комплексная модель, увязывающая накопление дефектов в рабочем слое круга за период его стойкости ΣQ_i , и способность круга к самозатачиванию K .

$$K = K_p / K_w,$$

где K_p – коэффициент разрушения; K_w – коэффициент истирания.

В основу модели положены известные теоретические предпосылки, на пример И. Г. Горячевой и М. Н. Добычина [3], для описания изнашивания при трении. Кривые *a-a* и *в-в*, согласно [3], разделяют зоны: истирания – |, истирания и разрушения ||, разрушения выступов – ||| (на рис. 1 цифры |, ||, ||| показаны в кружках).

Безусловно, представленная модель не отражает всего многообразия явлений, проявляющихся при абразивной обработке. В частности, при работе в условиях ограниченной жёсткости технологической системы, зона, ограничиваемая линией GH, может доминировать над зонами, ограничиваемыми линиями EF и CD. Это связано с поворотом круга под действием сил

резания в положениях, когда его образующая не будет равнонагружена по высоте (ширине). При этом точка А кривой АВ может быть выше точки В, а по мере приработки круга будет опускаться. При этом коэффициент K назначается, исходя из отношений технологических сил резания P_z и P_y (P_z / P_y). Накопление дефектов – как продолжительность «жизни» выступов (зерен) [3].

Коэффициент K характеризует условия изнашивания круга, а накопление дефектов ΣQ_i можно выразить через число (плотность) тепловых воздействий. Правомерность этих предпосылок подтверждается многими исследованиями.

В качестве параметра используют скорость изменения пограничного слоя тепловой деформацией режущей поверхности шлифовального круга $\partial\sigma/\partial t$, которая эквивалентна скорости накопления дефектов ΣQ_i за время Δt . Её определяют во время шлифования заготовки в виде стального цилиндра диаметром d_0 , массой m_0 , длиной L_0 .

В качестве геометрических характеристик процесса шлифования используют значения критической амплитуды волнистости шлифовального круга $a_{c\max}$, амплитуды волнистости в первом измерении в контакте с шлифуемым цилиндром $a_{c\min}$, а также площадь изнашиваемой поверхности правящего круга S .

Скорость изменения пограничного слоя за счёт теплового воздействия определяется по формуле [4]:

$$\frac{\partial\sigma}{\partial t} = \frac{\Delta a_c}{\Delta t} \times \frac{m}{S \times \rho},$$

где σ – глубина пограничного слоя круга, подвергающаяся тепловому воздействию за время Δt , мм; m – масса правящего круга, г; ρ – плот-

Салов Петр Михайлович, доктор технических наук, профессор. E-mail: msfkafedratm@yandex.ru

Носов Николай Васильевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология машиностроения». E-mail: nosov@samgtu.ru

Салова Дина Петровна, кандидат технических наук, главный технолог. E-mail: sgt@elpribor.ru

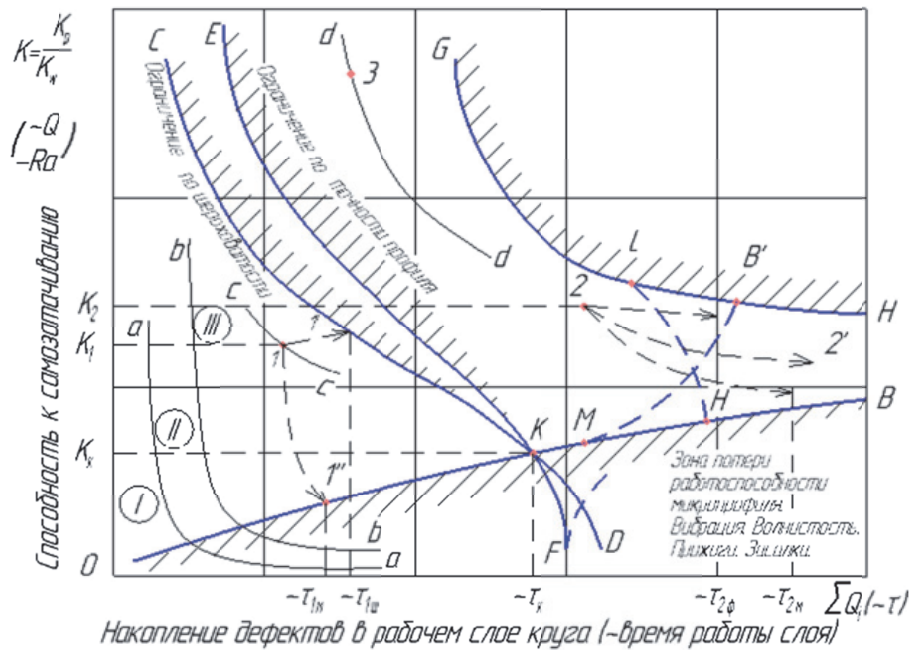


Рис. 1. Комплексная модель изнашивания и ограничения стойкости шлифовальных кругов [1,2]

ность абразивного слоя, г/мм³; Δa_c - относительное изменение амплитуды волнистости круга.

$$\Delta t = t_{i+1} - t_i, \quad \Delta a_c = \frac{a_{c_{i+1}} + a_{c_i}}{a_{c_{max}} - a_{c_{min}}}$$

Величины a_i и $a_{c_{i+1}}$ определялись по волнограммам рабочего круга.

Из сопоставления процесса, показанного на рис.1 следует, что σ эквивалентна K , а $\sum Q_i$ эквивалентна t . То есть, задавая режим правки, можно получить зависимость $K(\sigma) = f(t)$. Первая производная от этой зависимости, приравненная к нулю, обеспечивает бездефектные условия работы.

В работе [4] зависимость $\frac{d\sigma}{dt}$ от P_0 находим при $P_0 = 20-180Н$.

При возникновении разрыва контакта между заготовкой и кругом увеличивали прижим правящего круга к рабочему. Амплитуда волнистости на нём уменьшалась, и рабочий круг становился вновь работоспособным.

Были проведены исследования при наружном круглом шлифовании кругом 1-400x40x127 24AF40L6V заготовки из закаленной стали 30XГСН2А (HRC 48-52), диаметром $d_0 = 50мм$, длиной 150мм, при линейной скорости круга $V_k = 32,7м/с$, глубине резания по лимбу $t_l = 0.02-0.05мм/ход$ стола, скорости вращения заготовки $V_3 = 40м/мин$, продольной подачей $S_0 = 10мм$ на один оборот заготовки. Правящий круг 1(A8) - 10x10x4 AC6 500/400 MO 13. Смазочно-охлаждающая жидкость - водный раствор Укринола - 1М.

При правке поперечная подача правящего круга осуществлялась с помощью микродвигателя со скоростью $S_{a,k} = 0,01-1,0 мкм$ на один обо-

рот рабочего круга, продольная возвратно-поступательная подача со скоростью $S_{np} = 1м/мин$ выполнялась гидросистемой станка.

Пневмошпиндель обеспечивал частоту вращения $\omega = 293,2с^{-1}$. Правка велась попутная или встречная. Поэтапно получены следующие результаты.

Первый эксперимент:

при $S_{n,k} = 0,05 мм/об.кр.$; режим правки, $\Delta t = 60 с$ - $\frac{d\sigma}{dt} \approx 0мм/с$ - амплитуда волнистости минимальна.

Второй эксперимент:

при $S_{n,k} = 0,05мм/об.кр.$; режим работы рабочего круга при $t_l = 0,02 мм/ход$ стола:

а) $\Delta t = 60 с$ - $\frac{d\sigma}{dt} \approx 0,000008 мм/с$ - круг работоспособен;

б) $\Delta t = 2700 с$ (45 мин) - $\frac{d\sigma}{dt} \approx 0,000016 мм/с$ - круг работоспособен;

в) $\Delta t = 3600 с$ (60 мин) - $\frac{d\sigma}{dt} \approx 0,000026мм/с$ - круг неработоспособен, необходима его правка. Согласно данным [5], допустимая величина $\frac{d\sigma}{dt}$ для указанных условий работы - 0,000025 мм/с.

Третий эксперимент:

при $S_{n,k} = 0,1мм/об.кр.$; $t_l = 0,05 мм/ход$ стола - $\frac{d\sigma}{dt} = 0,000020мм/с$ - круг работоспособен.

В первом эксперименте износ рабочего круга за 1 минуту составил 78 мкм. Исходная амплитуда волнистости, равная 28 мкм за 30с, снизилась до 5-8 мкм, за 60 с - до 5-6 мкм. Во втором эксперименте, когда усилие правки так же незначительное, круг постоянно терял форму, что происходит за счет усталостных явлений, а натяг в технологической системе увеличивался. За каждую минуту стол станка делал 12 ходов, суммарная поперечная подача составляла в минуту

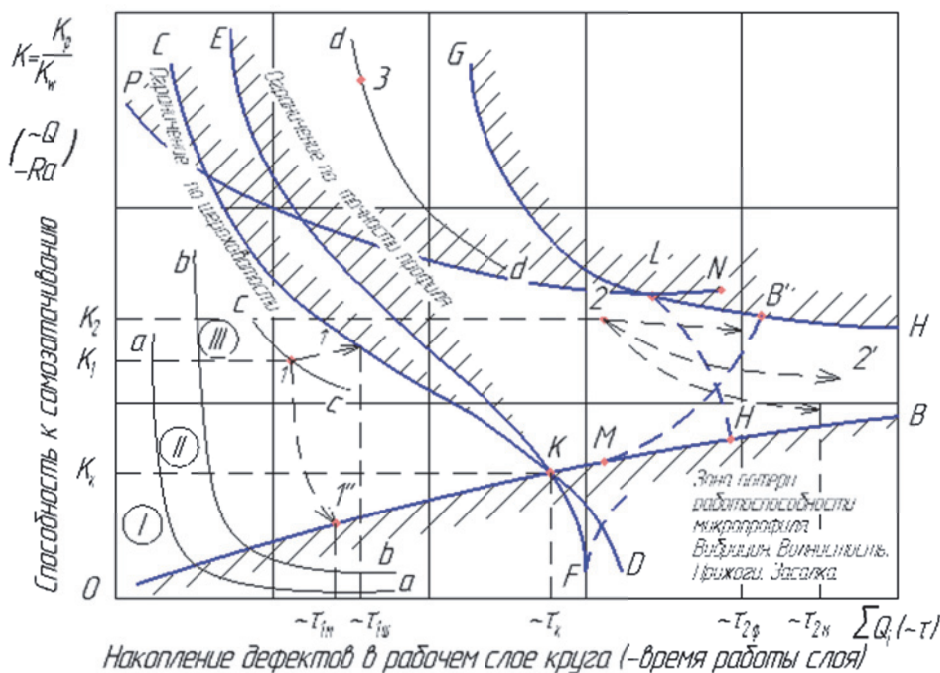


Рис. 2. Усовершенствованная модель износа шлифовального круга

0,24мм=240мкм, круг по радиусу изнашивался на 78мкм. За каждый ход стола, длительность которого равна 5с, круг изнашивался по радиусу на 6,5 мкм. Круг 58 минут работал стабильно, после чего его поверхность стала осыпаться. То есть осыпание началось после снятия с круга слоя 4,5мм. В третьем эксперименте суммарная поперечная подача в минуту составляла 0,6мм, круг изнашивался на 156 мкм. За каждый ход стола круг изнашивался на 13мкм. После радиального износа круга на 9,36 мм и осыпания поверхности не наступило.

Из чего следует, что с увеличением скорости объема теплонасыщенного слоя круга усталостные явления не успевают проявляться. Однако это связано с большими затратами на инструмент.

С уменьшением зернистости круга вероятность проявления «осыпания» уменьшается [1, 6-8].

После шлифования нержавеющей стали 1Х18Н9Т, прошедшей аустенитизацию, получено $d\sigma/dt = 0,000036$ мм/с. Для сохранения длительной работоспособности круга необходимо, чтобы скорость правки S_{hk} была в пределах от 0,07 до 0,20 мкм/об.кр. Это позволяет снимать образующееся засаливание на круге и предотвращать нарастание амплитуды волны и «осыпание» его поверхности. При шлифовании титанового сплава ВТЗ-1 скорость удаления дефектного слоя должна быть в пределах от 0,1 до 0,3 мкм/об.кр., а ВТ22- 0,15÷0,33 мкм/об.кр.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

Применение способа контроля работоспособности шлифовального круга [4], основанного

на косвенной оценке энергетического состояния поверхностного слоя круга, позволяет существенно упростить анализ процесса. При этом необходимо учитывать ограничивающий фактор – возможность проявления эффекта «самоосыпания» поверхности круга.

Комплексная модель износа круга (см. рис.1) должна быть дополнена ограничениями, связанными с отклонениями тел от теоретического положения под действием усилий резания, и проявлением эффекта «самоосыпания» рабочей поверхности круга.

Комплексная модель, с учетом высказанных уточнений, будет иметь вид, представленный на рис.2. Ограничения, связанные с деформацией в технологической системе и «осыпанием» поверхности круга, вводятся линией PN.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Салов П.М., Салова Д.П. Рациональное использование рабочей поверхности абразивных кругов. Монография. Чебоксары: Чебоксар. политех. ин-т (филиал) МГОУ, 2010.- 332с.
2. Салова Д.П. Моделирование профиля рабочей поверхности шлифовального круга с использованием принципов естественной прирабатываемости: дис. ... канд. тех. наук: 05.03.01. Защищена 28.05.2007: утв. 2007/ Салова Дина Петровна. М.: 2007. 23 с.
3. Горячева И.Г., Добычин М.Н. Контактные задачи в трибологии. М.: Машиностроение, 1988. 256 с.
4. Пат. 2370356 С2. Российская Федерация, МПК В24В 49/18 (2006.01) Способ контроля работоспособности шлифовального круга / Иванов А.Г., Салова Д.П., Салов П.М., Малеева С.Б.: заявитель и патентообладатель Чуваш. госуниверситет.- №2007147692/02, заявл. 20.12.2007; опубл.

- 27.06.2009, Бюл. № 29. 11 с.
5. *Иванов А.Г.* Влияние природы корректирующих масс на уровень вибраций в механических системах с неуравновешенным ротором: дис. ... докт. техн. наук: 05.13.18 - Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ: Иванов Андрей Геннадьевич / Каз. ГТУ им. А.Н. Туполева. Казань, 2005. 595 с.
 6. *Салов П.М.* Повышение эффективности заточки, круглого и плоского шлифования с продольной подачей: дис. ... докт. техн. наук: 05.02.08 и 05.02.07 (05.03.01). Защищена 04.12.1998: утв. 11.06.1999 / Салов Петр Михайлович. М., 1999. 467 с. Библиогр.: с. 433-458.
 7. *Носов Н.В.* Повышение эффективности и качества абразивных инструментов путём направленного регулирования их функциональных показателей: дис... докт. техн. наук: 05.02.08, 05.03.01 / Самарский гос. техн. ун-т. Самара, 1997. 452 с.
 8. *Носов Н.В., Кравченко Б.А.* Технологические основы проектирования абразивных инструментов. М.: Машиностроение-1, 2003. 257 с.

THE OPERABILITY OF THE GRINDING WHEEL

© 2018 P.M. Salov¹, N.V. Nosov², D.P. Salova³

¹ Chuvash State University named after I. N. Ulyanov, Cheboksary

² Samara State Technical University

³JSC «Electropribor», Cheboksary

The article deals with issues related to the performance of grinding wheels, which is largely determined by the resistance. The studies devoted to complex models of wear are considered. The possibilities of energy research methods are established. The use of energy approach allows to obtain results on the assessment of the cutting surface of the grinding wheel through two generalized indicators: the first is a set of factors that contribute to the self – organization of the wear process, the second is the accumulation of defects in the surface layer of the grinding wheel. An analytical relationship establishing a relationship between performance, wear, cutting forces, surface quality parameters with the accumulation of defects is proposed.

Keywords: grinding wheel, wear, complex model, performance, durability, limitations, defect accumulation, temperature, heat, energy.

Petr Salov, Doctor of Technics, Professor.

E-mail: msfkafedratm@yandex.ru

Nikolai Nosov, Doctor of Technics, Professor, Head at the Machine-Building Technology Department.

E-mail: nosov.nv@samgtu.ru

Dina Salova, Candidate of Technics, Chief Technologist.

E-mail: sgt@elpribor.ru