

К ВОПРОСУ ОБ ИЗМЕНЕНИИ ФРИКЦИОННЫХ СВОЙСТВ АЛМАЗНО-АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА В ПРОЦЕССЕ ОБРАБОТКИ

Лавриненко В.И., Сытник Б.В., Скрябин В.А., Бровченко А.М., Смоквина В.В.
(ИСМ им. В.Н.Бакуля НАН Украины, г. Киев, КНТУ, г. Кировоград, Украина)

The results of scientific research in using solid lubrication and abrasive treatment by given in article abrasive wheels solid lubrication impregnation.

В процессе осуществления алмазно-абразивной обработки резание осуществляется лишь небольшая часть абразивных зерен, находящихся на рабочей поверхности, и возможен непосредственный контакт связки круга с обрабатываемой поверхностью. Характеристики трения матрицы имеют существенное значение, поскольку существует определенная опасность схватывания связки с обрабатываемым материалом. Такое схватывание может привести к вырыванию частиц связки, повышению коэффициента трения, возрастанию температуры в зоне контакта и разрушению. На преодоление трения затрачивается значительная часть энергии в процессе обработки. Например, при обработке пластмасс резанием на трение приходится до 60% от всего тепловыделения [1]. Существует достаточно много научных гипотез, посвященных объяснению природы трения при шлифовании, часто противоречащих друг другу, что затрудняет выбор оптимального технического решения для конкретных условий шлифования. Наиболее распространенным методом уменьшения трения является использование технологических жидкостей с различными маслами. Однако известно [2], что из-за высокого давления в зоне контакта жидкость не попадает в эту зону и ее охлаждающее воздействие осуществляется уже после прохождения абразивного зерна. Это может служить причиной повышенного адгезионного износа зерен. Уменьшить износ алмазных зерен можно путем изменения природы пленок, разделяющих контактирующие тела. Существует возможность снижения трения за счет модификации состава связок. Так, в состав связок вводят наполнители способствующие снижению трения (чугун, графит, дисульфид молибдена, фтористый кальций, сульфиты железа). Установлено, что не все компоненты связки способствуют снижению трения. Показано [3], что увеличение содержания олова в медно-оловянных сплавах с 10 до 20% приводит к резкому повышению коэффициента трения. Кроме того, для таких связок необходимо учитывать и то, что у меди имеются определенные особенности в изменении

снижению трения (чугун, графит, дисульфид молибдена, фтористый кальций, сульфиты железа). Установлено, что не все компоненты связки способствуют снижению трения. Показано [3], что увеличение содержания олова в медно-оловянных сплавах с 10 до 20% приводит к резкому повышению коэффициента трения. Кроме того, для таких связок необходимо учитывать и то, что у меди имеются определенные особенности в изменении

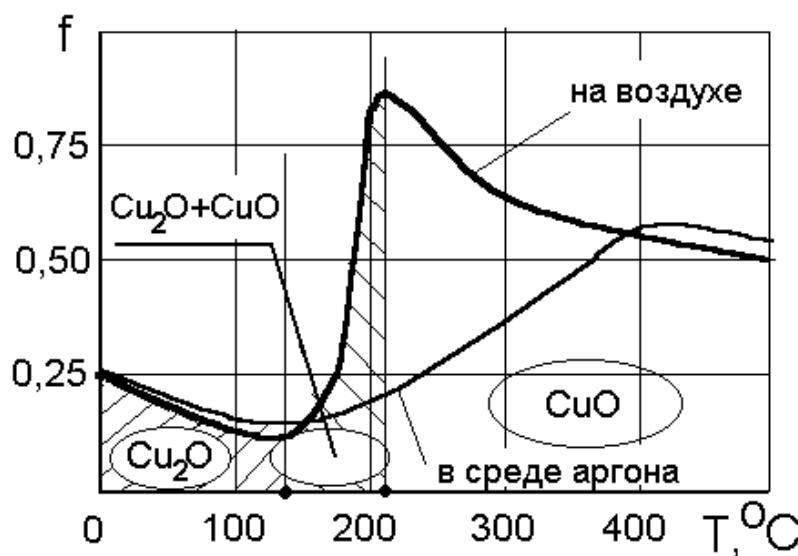


Рис. 1. Зависимость коэффициента трения меди в разных средах от температуры, отражающая наличие фазовых переходов [4].

величины коэффициента трения в зависимости от температуры (рис. 1). При этом

важную роль играют фазовые переходы. Для меди такими являются последняя точка температуры существования закиси меди и переход к смеси ее с оксидом (минимум коэффициента трения). Максимум коэффициента трения (рис. 1) объясняется возрастанием влияния молекулярной и деформационной составляющих в зоне фазового перехода Cu_2O в CuO [4]. Вместе с тем, модификация связок требует изменения технологического процесса изготовления алмазного и кубонитового инструмента, является специфической для определенных условий обработки и не всегда срабатывает положительно. Поэтому, в рамках данной работы нами рассматривались не традиционные пути повышения эксплуатационных свойств абразивного инструмента в процессе обработки, а такой путь как регулирование процесса трения между связкой и обрабатываемым материалом путем применения твердых смазок.

На практике изменение фрикционных свойств связок алмазно-абразивного возможно за счет их пропитки специальными составами (импрегнации), или нанесения твердосмазочных покрытий (ТТС) на рабочую поверхность инструмента. Импрегнация позволяет увеличить число фактически работающих зерен за счет изменения упругих свойств связки. Непосредственное влияние импрегнатора проявляется в смазочном действии, которое определяется контактными физико-химическими процессами. Вероятный механизм контактного действия импрегнатора складывается из его разложения (распада), физической адсорбции на шлифуемый материал и химического взаимодействия с ним. Суммарный эффект проявляется в снижении трения. Показано [5], что в результате импрегнации возрастает прочность абразивных кругов при испытании на растяжение, на 30–50% возрастает модуль упругости, до 10 раз возрастает демпфирующая способность, в 1,5–2,0 раза увеличивается теплопроводность, в 1,2–1,5 раза уменьшается трение. Импрегнаторы в 1,5 раза снижают волнистость [5]. Для пропитки импрегнатор должен иметь малые величины поверхностного натяжения и температуру плавления. Таким требованиям в определенной степени удовлетворяют углерод и кремнеорганические соединения. Экспериментально установлено, что универсального импрегнатора, одинаково эффективного для всех видов материалов не существует. Использование импрегнаторов эффективнее на жестких режимах. Как показала практика, твердые технологические смазки (ТТС) целесообразно применять там, где имеет место высокая теплонапряженность процесса и невозможно применять СОЖ, и там, где она не обеспечивает требуемого технологического эффекта. Наиболее проблемными, с этой точки зрения являются операции: шлифования торцом круга и разрезка. При осуществлении этих операций контакт происходит на большой площади и имеет большую протяженность. Значительный эффект от использования ТТС получают при алмазно-абразивной обработке сплавов, которые склонны к трещинообразованию. Склонностью к трещиннообразованию обладают как твердые, так и магнитные сплавы. В качестве ТТС обычно применяют вещества, имеющие ламеллярную структуру – графит, иодиды, сульфиды и селениды металлов, нитрид бора, слюду, тальк, и др. Наибольшее распространение получили графит и дисульфид молибдена. Компоненты ТТС обладают лучшими смазывающими и диспергирующими способностями по сравнению с аналогичными компонентами СОЖ. Недостатком ТТС является ограниченная моющая и охлаждающая способность. Основные трудности в применении ТТС состоят в изыскании наиболее эффективных способов введения в зону обработки. ТТС применяются в виде брикетов, карандашей пластиичных смазочных материалов. В отдельных случаях целесообразно введение порошкообразных ТТС в состав жидких СОТС. ТТС могут наноситься как на поверхность круга, так и на поверхность инструмента. Основой ТТС является воск, или стеарин с различными компонентами. Некоторые ТТС можно использовать для

осуществления пропитки (импрегнации) абразивного инструмента. На поверхность режущего инструмента ТТС наносят напылением. В этом случае используют смазку на основе дисульфида молибдена, которая затем «отверждают» в печи путем ступенчатого нагрева от 60 до 200 °С в течение 6 часов. При нанесении смазывающего материала на режущую поверхность круга значительно уменьшается силы трения между связкой и поверхностью обрабатываемого материала. Составы для приготовления ТТС и импрегнации абразивного инструмента приведены в таблице.

Известно [6], что применение твердосмазочного покрытия с частицами нитрида бора приводит к снижению удельной работы шлифования, сглаживается профиль микронеровностей и, соответственно, возрастает относительная опорная высота профиля. При нанесении ТТС на рабочую поверхность круга увеличивается фактическое количество зерен участвующих в резании, а размеры самих зерен уменьшаются. Введение в состав связки антифрикционных веществ снижает удельную работу шлифования в начальный период работы (в 2 раза и более). Установлено, что при этом уменьшается и коэффициент абразивного резания. Снижается степень засаливания режущей поверхности алмазных кругов.

Таблица 1. Составы для приготовления ТТС и импрегнации абразивного инструмента

| № п/п | Составы для приготовления ТТС и импрегнации абразивного инструмента | Область применения | Источник |
|----------|---|--|---|
| 1. | Дисульфит молибдена 10 % Аквол 0,1% Сода кальцинированная 0,1% Вода ост | Для операций внутреннего шлифования | Информ. листок Калужского ЦНТИ №7-85, 1985 г. |
| 2. | Дисульфит молибдена 1-25% Концентрат сульфонатной СОЖ 0,5-10% Смазка ЦИАТИМ-201 0,5-7% Растворитель 0,5-5% | При шлифовании с СОЖ | А.с. СССР № 1000255 М 24 Д Опубл. 28.02.83 Бюл. № 8 |
| 3. | Воск 45-50% Хлористый аммоний 50-55% | ТТС для шлифования твердых сплавов | А.с. СССР № 217577 С10М 7/02 1967 г. |
| 4. | Бихромат аммония 34-40% Глицерин 6-10% Воск остальное | Шлифование твердых сплавов | А.с. СССР № 899641 С 10М 7/02 Опубл 23.01.82. Бюл. № 3 |
| 5. | Воск 45-50 % Олеиновая кислота 1-2% Хлористый аммоний до 100% | Шлифование твердых сплавов | А.с. СССР № 56092 С 10М 7/02 Опубл. 05.06.77. Бюл. № 21 |
| 6. | Гипосульфит натрия 5-40% Вода остальное | Повышение эксплуатационных свойств абразивного инструмента | А.с. СССР № 1000450 С 09К 3/14 Опубл. 28.02.83 Бюл. №8 |
| 7. | Олеиновая кислота 100 % | Повышение эксплуатационных свойств абразивного инструмента | А.с. СССР № 921833 В 24Д 3/34 Опубл. 23.04.82 Бюл. № 15 |

Полагают, что самозатачивание удается достигнуть только при резке абразивных изделий и электрохимическом шлифовании, когда идет абразивный износ или растресливание связки, что приводит к обнажению алмазов. В большинстве случаев не удается подобрать состав, обеспечивающий самозатачивание инструмента, поэтому его режущие свойства периодически восстанавливают правкой. Как правило, алмазные круги на органических связках работают в режиме ограниченного самозатачивания. Смазывание рабочей поверхности круга полностью устраняет заволакивание ее частицами металла и поэтому не происходит вырывания алмазоносного слоя в процессе самозатачивания инструмента.

Импрегнирование также позволяет улучшить эффективность его самозатачивания и оптимизировать процессы, происходящие в зоне резания. Применение импрегнации позволяет увеличить количество фактически работающих зерен, увеличить стойкость круга, улучшить структуру рабочего цикла шлифования, и эксплуатационные свойства обрабатываемого материала. С целью определения эффективности использования импрегнации для повышения стойкости отрезных кругов при разрезке заготовок из высококоэрцитивного магнитного сплава ЮН15ДК25БА проводили испытания. Разрезку магнитных заготовок осуществляли на станке Шарм-1. Отрезные круги из электрокорунда пропитывали в 10% растворе олеиновой кислоты в ацетоне. Сушку кругов проводили при температуре 20° С.

В результате испытаний установлено, что стойкость отрезных кругов увеличилась на 30%, а количество прижогов, сколов и микротрещин уменьшилось на 10–15%. Незначительное улучшение качества в этом случае связано с недостаточно эффективным охлаждением зоны резания.

Испытания эффективности использования карандашей твердой смазки проводили на станках: ОПШ, 395М, ЗГ71. Обрабатывали детали из сталей Х12М, 5ХНМ, 40Х13, Ст45 и твердых сплавов ВК15, ВК20. Режимы обработки: скорость вращения круга 35/м/с. Скорость перемещения стола (подача) – 7 м/мин. Поперечная подача – 0,02 мм/дв. ход. Абразивный круг с характеристикой – 25А16ПСМ18К5.

Дефектов в виде прижогов, сколов и микротрещин на поверхности образцов не обнаружено. Производственные испытания показали, что применение карандашей твердой смазки позволяет повысить производительность шлифования на 15% при одновременном снижении шероховатости поверхности. Стойкость кругов между правками удалось увеличить в 2,5 раза, а расход абразивного инструмента уменьшить в 1,5 раза.

Результаты исследований показывают, что использование ТТС дает ощутимый положительный эффект и в дальнейшем необходимо совершенствовать как составы ТТС, так и составы для пропитки абразивного инструмента. Перспективным, на наш взгляд, является использование в качестве основы ТТС мелкодисперсного графита и создание ТТС на основе графитолов. Для определения эффективности применения тех или иных способов снижения трения в зоне контакта рационально использовать различные сигналы, акустические или электрические, которые сопровождают процесс шлифования, используя их в качестве информационного показателя, характеризующего как состояние режущей поверхности, так и условия протекания процесса шлифования.

В ИСМ им. В.Н. Бакуля были проведены исследования по определению работоспособности шлифовальных кругов со шлифовальным порошком на основе компактов КНБ зернистостью 250/200 и алмазов АС32 250/200 в соотношении 50% на 50% при использовании в процессе обработки карандашей с твердой смазкой. Для проведения исследований были изготовлены образцы твердых смазок разработки

КНТУ на основе воска и стеарина с добавлением как обычного, так и мелкодисперсного графита, а также обезвоженной пасты графитола В-2.

Известно [6], что наибольший эффект от использования ТТС получают при шлифовании торцом круга, когда при производительном шлифовании наблюдается достаточно большой контакт связки круга с обрабатываемым изделием. Это мы достаточно отчетливо наблюдаем при исследовании режущей поверхности круга под микроскопом. Так, например, при шлифовании быстрорежущей стали Р6М5 кругом 12А2-45 125x5x3x32-(КМ 250/200+АС32 250/200)-В2-08-100 без охлаждения этот

контакт виден по следам трения на связке (рис. 2). При этом, даже при производительности обработки в 200 $\text{мм}^3/\text{мин}$ наблюдаются прижоги на обработанной поверхности. Использование указанных выше карандашей с твердой смазкой на основе графитола позволяет снизить износ круга в 1,23 раза, в 2 раза понизить эффективную мощность шлифования с 0,30...0,35 кВт до 0,15...0,17 кВт. При этом прижогов на обрабатываемой поверхности не наблюдается.

Таким образом, разработки по использованию твердых смазок позволяют снизить негативное воздействие контактных

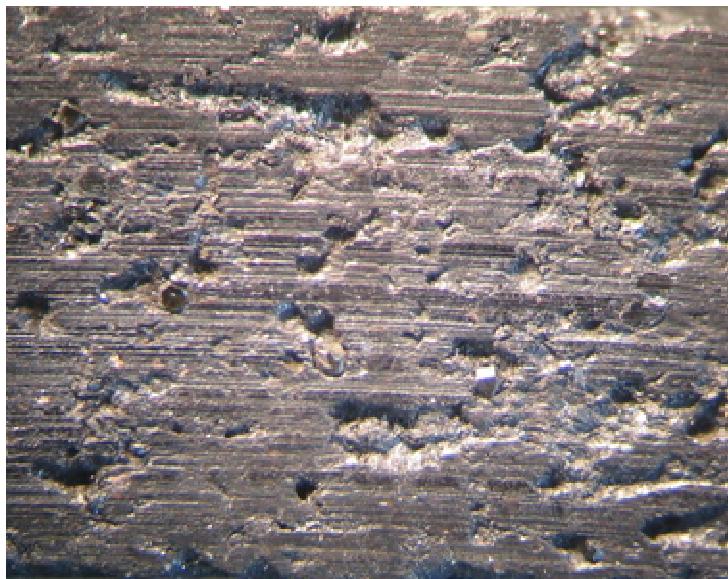


Рис. 2. Пример состояния режущей поверхности круга при торцевом шлифовании кругом на полимерной связке со следами трения.

процессов в зоне обработки за счет снижения процессов трения, что позволяет повысить износостойкость кругов и снизить энергоемкость процесса обработки.

Список литературы: 1. Дрожжин В.И. Эффективность обработки пластмасс и закономерности физических явлений процесса их резания // Резание и инструмент в технологических системах. – 1996. – Вып. 50. – С. 47 – 51. 2. 265. Синтетические алмазы в машиностроении : Под ред. В.Н.Бакуля / В.Н.Бакуль, Б.И.Гинзбург, Л.Л.Мишинаевский и др. – К.: Наук. думка, 1976. – 351 с. 3. Попов С.А., Малевский Н.П., Терещенко Л.М. Алмазно-абразивная обработка металлов и твердых сплавов. М.: Машиностроение, 1977. 263 с. 4. Амосов М.И., Золотарев Г.Б. Влияние процесса окисления на коэффициент трения меди // Известия ВУЗов. Машиностроение. – 1974. - № 10. – С. 32 – 35. 5. Островский В.И. Импрегнированный абразивный инструмент: Обзор. НИИмаш. 1980. № 72. 19 с. 6. Ларшин В.П., Гречиха А.М., Якимов А.В. Твердые технологические смазки для абразивного инструмента // Інструментальний світ. – №2. – 2002. – С. 33–34.

Сдано в редакцию 22.05.08