

Г. Х. Юсупов, профессор, доктор технических наук;

С. А. Колегов, аспирант

Воткинский филиал Ижевского государственного технического университета

ВЛИЯНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ НА ВЗАИМОСВЯЗЬ АБРАЗИВНЫХ ЗЕРЕН С ОБРАБАТЫВАЕМОМ МАТЕРИАЛОМ В ПРОЦЕССЕ РЕЗАНИЯ

Рассмотрены механизмы взаимодействия абразивных зерен при шлифовании с обрабатываемым материалом. Установлена зависимость между процессом засаливания и износом зерен. Даны рекомендации по методу подачи СОТС в зону резания.

Ключевые слова: абразив, алмаз, износ, инструмент, материал, резание, СОТС, физико-химические явления

Абразивные зерна, находящиеся на рабочей поверхности шлифовального круга, участвующие в процесса шлифования, разделяются на режущие и трущиеся. Считается, что работоспособность шлифовального круга определяется в основном работоспособностью режущих зерен, диспергирующих металл детали. В настоящей статье анализируются некоторые вопросы физической природы взаимодействия абразивных зерен с материалом шлифуемой детали. Электронно-микроскопическим исследованием и косвенным путем установлено, что на рабочей поверхности абразивных зерен в результате правки и в процессе резания формируется специфический субмикропрофиль [1–3]. Выступы субмикропрофиля имеют размеры порядка десятых долей микрона, поэтому можно предположить, что ряд выступов может производить микрорезание металла. Субмикропрофиль играет особенно большую роль в начальном периоде врезания абразивного зерна в металл, увеличивая удельный вес полезной работы диспергирования и уменьшая долю работы пластической деформации металла обрабатываемой детали. Очевидно, для повышения эффективности процесса шлифования необходимо как можно дольше сохранить на абразивных зернах их исходный субмикропрофиль, однако под действием сил резания субмикропрофиль изнашивается и разрушается в первую очередь. Большую роль в разрушении субмикропрофиля играет адгезия металла к поверхности зерна. Впадины субмикропрофиля заполняются металлом и при повторных контактах зерна с деталью происходит уже адгезия металла к металлу, возрастают силы резания и температура в зоне контакта, в результате чего абразивные зерна теряют работоспособность (рис. 1).

Для установления влияния СОТС на формирование адгезионных связей металла, например, стали аустенитного класса 12Х18Н16Г7АР с алмазными зернами, которые приняты в качестве абразивных элементов – зерен, в работе проведены экспериментальные исследования по определению адгезии на износ и затупление зерен. Эксперименты проводились в условиях, максимально приближенных к реальным условиям работы алмазных зерен, находящихся в шлифовальном круге. Индентор из алмаза прочности АС6 запаивался в державке, закрепляемой на планшайбе, которая была установлена на шпинделе плоскошлифовального станка. Радиус округления вершин индентора $r = 10\text{--}12$ мкм, угол при вершине $\varphi = 120^\circ$. Скорость резания составляла 20 м/с, толщина изменялась в пределах $0,04\text{...}0,3$ мкм. Столь малые толщины среза были выбраны для моделирования условий работы

абразивных зерен, в которых роль субмикропрофиля проявляется наиболее отчетливо. Призматические образцы из стали 12X18H16Г7АР крепились неподвижно на столе станка. Сталь 12X18H16Г7АР пластична, и поэтому процесс адгезии металла к алмазному зерну достаточно интенсивен. Резание осуществлялось всухую, с подачей СОТС поливом свободно падающей струей в зону резания и под давлением 15 МПа на зерно и вокруг него с помощью круглого сопла.



Рис. 1. Взаимодействие стали аустенитного класса 12X18H16Г7АР с алмазным зерном $\times 500$

Сравнение данных, получаемых при резании всухую и при различных подачах СОТС, позволяет представить сравнительную эффективность двух способов подачи СОТС. В качестве СОТС во всех опытах использовалась стандартная эмульсия: 2,5 % – эмульсола Э2, 0,6 % – кальцинированной соды и 96,9 % – воды. Продолжительность опыта выбиралась таким образом, чтобы в максимальной степени использовать режущую способность алмазного зерна, не доводя его до макроразрушения. За критерий засаливания зерна принималось количество металла, налипшего на его рабочую поверхность в процессе резания – царапания. Оправка с алмазным зерном (индентором) по окончании опыта вынимались из гнезда планшайбы. На поверхность оптического стекла из пипетки наносился ряд капель концентрированной азотной кислоты HNO_3 . Объем капель выбирался таким образом, чтобы исключить возможность взаимодействия азотной кислоты с припоем, удерживающим абразивное зерно от выпадения из оправки. При погружении вершины индентора в кислоту находящееся на рабочей поверхности зерна железо взаимодействует с азотной кислотой; в результате реакции образуется соль азотной кислоты $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$. Для полного растворения металла, имеющегося на поверхности абразивного зерна, индентор погружался последовательно в две капли азотной кислоты и выдерживался не менее 60 сек. Чтобы получить достаточное для калориметрирования по объему и окраске количество раствора пробы снимали с 10...15 алмазных зерен. В раствор, собранный со всех 10...15 зерен, работавших в одинаковых условиях, добавляли реактив (роданистый аммоний), вступающий в реакцию с солью азотной кислоты с образованием характерно окрашенных продуктов. Интенсивность окраски раствора определялась количеством металла, налипшего на зерна. Определение концентрации железа в полученном растворе производили клиновым калориметром модели 807.

Для исследования влияния адгезии металла на износ и затупление алмазных зерен параллельно с определением количества металла измерялся их износ и фиксировались изменения рабочего профиля царапающего конуса в процессе резания. При каждом сочетании исследуемых факторов проводились 15...20 опытов, что давало возможность исключить неточности, вызываемые дефектами абразивных зерен и анизотропией их свойств в зависимости от расположения кристаллографических осей относительно плоскости резания. Формирование узлов схватывания металла с поверхностью индентора при резании всухую и с подачей СОТС поливом происходит уже при первых контактах абразивного зерна с образцом. При увеличении числа резов n (или пройденного пути L) адгезия металла к индентору резко прогрессирует во всем рассматриваемом диапазоне подач, причем эта закономерность наиболее явственно проявляется с увеличением толщины среза a . Смазочное и моющее действия эмульсии при подаче ее поливом близки нулю, так как количество металла, налипшего на поверхность индентора при резании, всухую и с подачей СОТС поливом, практически одинаково (рис. 2).

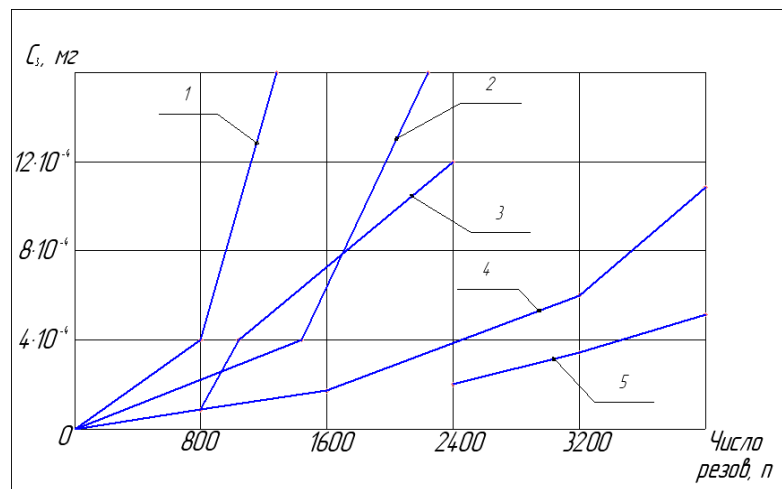


Рис. 2. Влияние числа резов на засаливание алмазных зерен от подачи СОТС: 1, 2, 3 – поливом, $a_z = 0,04, 0,1, 0,2$ мкм; 4, 5 – под давлением, $a_z = 0,1$ и $0,2$ мкм

Более благоприятные условия способствуют и меньшему износу алмазных зерен от адгезии металла (рис. 3) Совместный анализ рис. 2 и рис. 3 подтверждает существование зависимости между механизмом процесса засаливания и износом алмазных зерен. С интенсификацией режимов резания (с увеличением a_z и с увеличением числа резов n (продолжительности резания) расширяются масштабы формирования адгезионных связей.

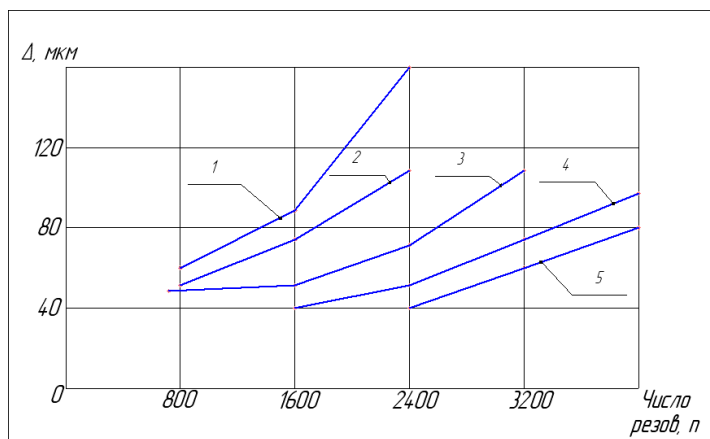


Рис. 3. Влияние адгезии на износ алмазных зерен от подачи СОТС:
1, 2, 3 – поливом, $a_z = 0,04, 0,1, 0,2$ мкм; 4, 5 – под давлением, $a_z = 0,1$ и $0,2$ мкм

Таким образом, при работе алмазного зерна всухую сразу теряются его режущие свойства, при работе с поливом субмикроскопический профиль, как режущий элемент, фактически также быстро теряет свое назначение и не участвует в формообразовании обрабатываемой поверхности вследствие его разрушения и засаливания поверхности алмазных зерен. Применение подачи СОТС под давлением в зону резания способствует более длительному сохранению режущих свойств рабочей поверхности зерен, что подтверждается данными в работе [4].

Список литературы

1. Гордеев А. В. Износостойкость алмазных кругов с прерывистой рабочей поверхностью // Станки и инструменты. – 1977. – № 2. – С. 15–16.
2. Маслов Е. Н., Постникова Н. В. Основные направления в развитии теории резания абразивным, алмазным и эльборовым инструментом. – М.: Машиностроение, 1975. – С. 47–48.
3. Худобин Л. В., Полянский Ю. В. Взаимодействие абразивных зерен с металлом в процессе шлифования // Вопросы теории и прогрессивной технологии процессов абразивной обработки: тр. ВНИИАШ. – Л., 1976. – С. 62–70.
4. Юсупов Г. Х., Жарков И. Г., Чучков Е. М. Новый алмазный инструмент для шлифования труднообрабатываемых материалов / Ленингр. Дом науч.-техн. пропаганды. – Л.: ЛДНТП, 1989. – 22 с.

* * *

G. Kh. Yusupov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Votkinsk Branch of Izhevsk State Technical University

S. A. Kolegov, Postgraduate, Votkinsk Branch of Izhevsk State Technical University

The Influence of Physical and Chemical Phenomena on Interrelation of Abrasive Grains and Processed Material During Cutting

Mechanisms of interaction of abrasive grains with a processed material at grinding are considered. Dependence between fouling process and deterioration of grains is established. Recommendations on feeding the lubricating and cooling fluid into a cutting zone are made.

Keywords: abrasive, diamond, deterioration, tool, material, cutting, lubricating and cooling fluid, physical and chemical phenomena

Получено 30.03.10