УДК 544.723.2.023.2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЛЩИНЫ СМАЗОЧНОЙ ПЛЕНКИ В ЗОНЕ КОНТАКТА АБРАЗИВНЫХ ЗЕРЕН ПРИ ОБРАБОТКЕ ДЕТАЛЕЙ УПЛОТНЕННЫМ АБРАЗИВОМ

Чернышева О.В., Перелыгин Ю.П., Скрябин В.А.
Пензенский государственный университет, Пенза

В статье приведены результаты исследований величин защитных пленок смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) при обработке деталей уплотненным абразивом. При исследовании толщины адсорбционной пленки адсорбцию выражали через молярно – объемные концентрации поверхностно-активных веществ (ПАВ) в растворе абразивной суспензии до и после обработки на экспериментальном стенде камерного типа. Полученные значения величин защитных пленок, необходимы для оценки интенсивности обработки поверхности детали выступами микрорельефа абразивного зерна.

В рассматриваемом способе обработки обрабатывающим инструментом является уплотненный давлением сжатого воздуха через эластичную оболочку гидроабразивный слой, находящийся в камерном устройстве [1].

Высокая пористость уплотненного абразива и наличие смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) в зоне обработки под постоянным давлением, сравнительно низкие температуры в зоне резания (420 К), обеспечивают ее проникновение во все поры и микротрещины на поверхностях обрабатываемого материала и абразива.

СОЖ, находясь в непрерывном контакте с обрабатываемой поверхностью деталей и абразивными зернами, образует на них разделяющие контактируемые поверхности, защитные пленки смазки. Смазочная пленка, находясь в зоне контакта, покрывает весь микро- и субмикрорельеф вершин абразивных зерен и проникает таким образом в зону микрорезания.

Отдельные поверхностно-активные вещества, содержащиеся в СОЖ, содержат жирные кислоты, которые имеют большой молекулярный вес. При повышенной их концентрации в абразивной суспензии на поверхности абразивных зерен и обрабатываемой поверхности образуются пленки, соизмеримые с высотой выступов микрорельефа. При этом абразивные зерна начинают, как бы плавать на масляной подушке. В этом случае контакт режущих элементов с обрабатываемой поверхностью прерывается. Резко падает интенсивность обработки. В связи с этим определенный интерес представляют исследования толщины смазочных пленок в зоне контакта абразивных зерен с обрабатываемой поверхностью.

В соответствии с работой [2] защитная смазочная пленка состоит из граничного слоя газов и паров, СОЖ и слоя окислов. Толщина пленки газов и паров составляет ориентировочно 20 . Слой окислов, возникающий под влиянием атмосферного кислорода имеет на стали толщину примерно 10.

Толщина адсорбционной пленки поверхностно-активных веществ в водном растворе определяется уравнением [3]:

$$\delta = \frac{\Gamma_\infty \cdot M}{d}, \qquad (1)$$

где Γ_∞ – максимальная адсорбция; M – молекулярный вес адсорбируемого вещества; d – плотность адсорбируемого вещества.

Жидкая фаза состоит, по меньшей мере, из двух компонентов, поэтому адсорбция одного компонента будет сопровождаться вытеснением из поверхностного слоя другого компонента. Конкуренция между компонентами за места в поверхностном слое приводит к тому, что поверхностный слой обогащается тем компонентом, который адсорбируется при данном условии преимущественно.

Количество вещества у поверхности единицы массы адсорбента сравнивают с его содержанием в равном объеме равновесного раствора (раствора после обработки). Величина гиббсовской адсорбции компонента на единицу поверхности адсорбента определяется по формуле [4]:

$$\Gamma_i^{(V)} = \frac{V \cdot (C_i^0 - C_i)}{m_s S}, \qquad (2)$$

где m_s – масса адсорбента; V – общий объем раствора; C_i^0 и C_i – соответственно концентрации исходного и равновесного растворов; S – удельная поверхность адсорбента.

В качестве поверхностно-активных присадок, входящих в состав СОЖ, были предложены следующие ПАВ: калиевое мыло, олеиновая кислота и эмульсол Э2.

Для калиевого мыла содержащегося в одном растворе абразивной суспензии был задан ряд весовых концентраций C_i^0:0;0,5; 1; 1,5; 2; 2,5 и 3%. Растворы каждой концентрации применялись при обработке в течение 9 мин. на экспериментальном стенде камерного типа [1] плоских деталей из закаленной стали 45 (60...63 $HRC_э$). Величины концентраций после обработки были определены на универсальном дисперсионном рефрактометре модели «РДУ». В соответствии с работой [4], весовую концентрацию C_i перевели, в молярно-объемную C_{i_1} .

Используя полученные экспериментальные данные, построим изотерму адсорбции (рисунок 1).

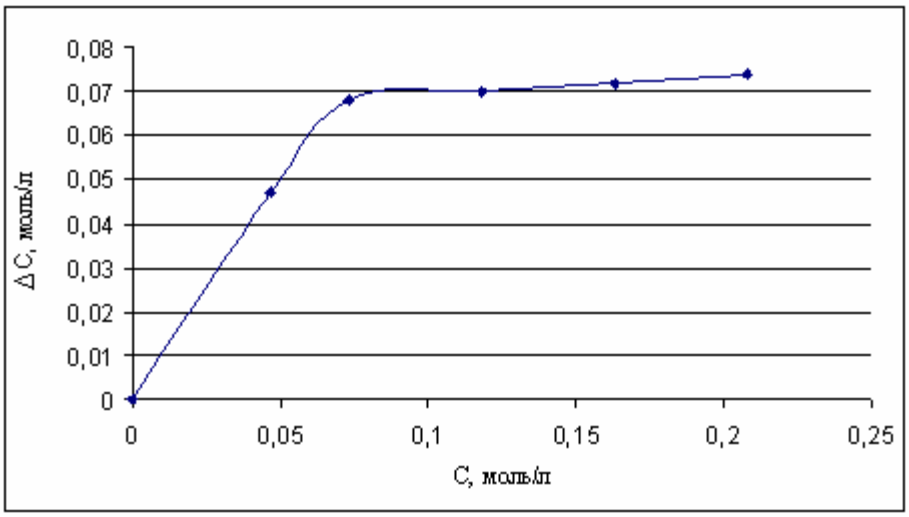

Рисунок 1. Изотерму адсорбции

Константу равновесия адсорбционного процесса k и предельную адсорбцию Γ_∞ удобно определить графически. Для этого уравнение изотермы адсорбции Лэнгмюра приведем к линейной форме:

$$\frac{1}{\Gamma} = \frac{1}{C_0 - C} = \frac{1}{k\Gamma_\infty C} + \frac{1}{\Gamma_\infty}. \qquad (3)$$

Построив график данной зависимости в координатах $\frac{1}{C_0 - C}$ от $\frac{1}{C}$ (рисунок 2), легко определим обе константы: k=24,1; Γ_∞ = 0,093. Зная величину предельной адсорбции найдем значение толщины адсорбционной пленки: δ=0,08 мкм.

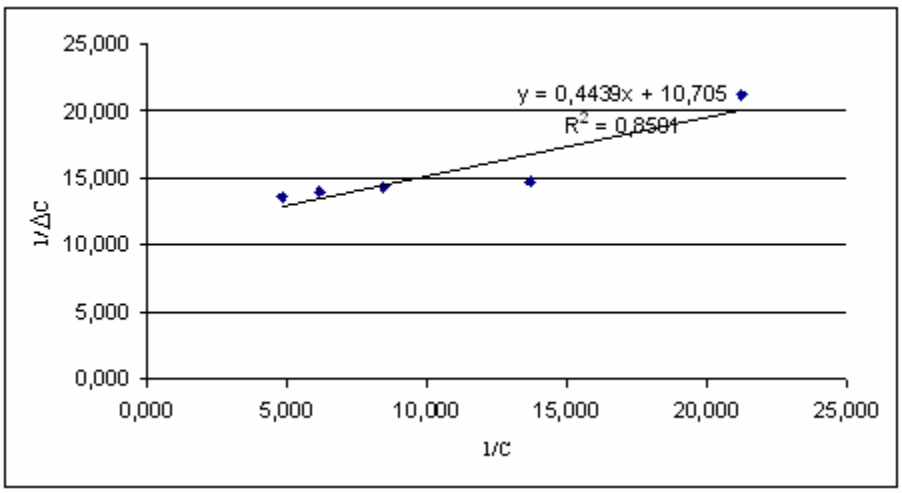

Рисунок 2. График зависимости в координатах $\frac{1}{C_0 - C}$ от $\frac{1}{C}$

Для определения величин защитных пленок с учетом диапазона концентраций, принимая усредненное отношение Γ/Γ_∞=0,98, после преобразования уравнений (1) и (2) получим:

$$\delta = \frac{V \cdot (C_{i_1}^0 - C_{i_1}) \cdot M}{0{,}98 \cdot m_S \cdot S \cdot d}, \qquad (4)$$

Удельная поверхность адсорбента состоит из удельной поверхности абразива и удельной поверхности обрабатываемой детали. Для определения удельной поверхности обрабатываемой детали рассмотрим модель исходной шероховатости. Модель исходной шероховатости поверхности плоской детали из стали 45 (L=15 см; $h_д$=1 см; $в_д$=2), может быть представлена набором выступов треугольной формы (рисунок 3, *а*).

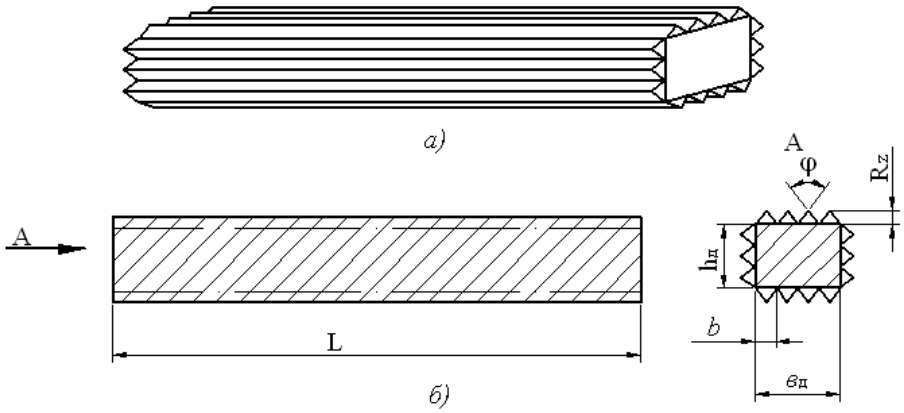

Рисунок 3 (*а, б*). Модель исходной шероховатости поверхности плоской детали из стали

Средняя шероховатость поверхности деталей до обработки соответствовала $R_{zср}$=9мкм. В ходе исследований [1] было выявлено, что угол φ при вершине неровности находится в пределах 130°...150° (рисунок 3, *б*). Модель единичной неровности представлена на рисунке 4 и имеет в сечении равнобедренный треугольник с закругленной вершиной радиуса r=35·10^{-4} см.

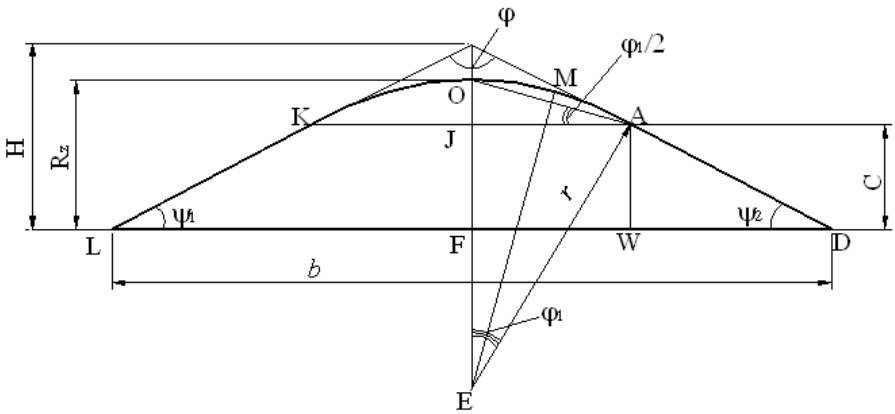

Рисунок 4. Модель единичной неровности

Из геометрических соотношений следует, что $\angle\psi_1=\angle\psi_2=\angle\varphi_1=\angle\psi$, тогда выражение для определения площади боковой поверхности единичной неровности запишется в виде:

$$S_{бок} = \left[\frac{2(R_z - r\sin\psi \cdot tg\frac{\psi}{2})}{\sin\psi} + \frac{\pi r \psi}{90} \right] L, \qquad (5)$$

где L – длина обрабатываемой детали.

Суммарное число единичных выступов шероховатости по высоте ($h_д$) и ширине ($в_д$) детали можно представить в виде:

$$n = 2\left(\frac{h_д}{b} + \frac{в_д}{b} \right).$$

Таким образом, площадь боковой поверхности всех микровыступов шероховатости получим в виде

$$S_{бокΣ} = \left[\frac{2(R_z - r\sin\psi \cdot tg\frac{\psi}{2})}{\sin\psi} + \frac{\pi r \psi}{90} \right] L \cdot 2\left(\frac{h_д}{b} + \frac{в_д}{b} \right) \qquad (6)$$

Массу всех микровыступов, можно вычислить по формуле

$$m_{S_{дет}} = r\left[\begin{array}{l}(2r\sin y + \dfrac{R_Z - r\sin y \cdot tg\frac{y}{2}}{tgy})\cdot \\ \cdot(R_Z - r\sin y \cdot tg\frac{y}{2}) + \dfrac{r^2}{2}(\dfrac{2py}{180} - \sin 2y)\end{array}\right] L\cdot 2\left(\frac{h_д}{b} + \frac{в_д}{b}\right) \quad (7)$$

Удельная поверхность адсорбента S будет определяться по формуле

$$S = \frac{S_{бокΣ}}{m_{S_{дет}}} \quad (8)$$

В данном конкретном случае имеем: $m_{S_{дет}}$=0,374 г; $S_{бокΣ}$=94 см^2; S = 251 см^2/г.

Удельная поверхность абразива в соответствии с работой [5] равна 2130 см^2/г, суммарная удельная поверхность адсорбента $S_Σ$ – 2381 см^2/г. Значение $m_{S_{аб}}$ для абразива 14А125 составляет 10 г. Величина $m_{S_{дет}}$ микрогеометрии поверхности плоской детали примерно на два порядка ниже значения $m_{S_{аб}}$ для абразива, поэтому для практических расчетов можно принять $m_{S_{дет}}$=10 г.

Для калиевого мыла по справочным данным [6]:

M = 260 г/моль; d = 0,85 г/см^3.

Значение V определено условиями эксперимента: V=6·10^{-3}л.

Подставив найденные значения параметров в выражение (4) с учетом диапазона концентраций, получим ряд величин защитных пленок СОЖ (таблица 1).

Таблица 1. Значение толщины пленки СОЖ для водного раствора мыла различной концентрации

Концентрация после обработки C_{i_1}, моль/л	Толщина пленки СОЖ δ, мкм
0,00	0,00
0,026	0,017
0,047	0,037
0,073	0,053
0,118	0,055
0,163	0,057
0,208	0,058

Значение величин защитных пленок необходимы для оценки интенсивности обработки поверхности детали выступами микрорельефа абразивного зерна. В данном случае параметры микровыступов абразивного зерна на порядок выше по сравнению с суммарной толщиной защитной пленки, что исключает явление «всплывания» абразивных зерен во время обработки и обеспечивает ее заданную производительность и качество.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скрябин В.А. Основы процесса субмикрорезания при обработке деталей незакрепленным абразивом. – Пенза: Изд-во ПВАИУ, 1992. – 120 с.

2. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии. – Л.: Изд-во Химия, 1974. – 352 с.

3. Абразмон А.А. Поверхностно-активные вещества. – Л.: Изд-во Химия, 1981. – 300 с.

4. Гороховский И.Т., Назаренко Ю.П., Некрич Е.Ф. Краткий справочник по химии. – Киев: Наукова думка, 1974. – 800 с.

5. Марочкин В.Н. Исследование геометрии поверхности. – В кн.: Вопросы трения и проблемы связки. – М.: Изд-во Наука, 1968, №2. – С. 161 – 172.

6. Рабинович В.Д., Хавин Э.Я. Краткий химический справочник. – Л.: Химия, 1977. – 376 с.

DEFINITION OF THE THICKNESS OF AN LUBRICANT PELLICLE IN THE ZONE OF CONTACT OF ABRASIVE GRAINS AT PROCESSING OF DETAILS BY THE CONDENSED ABRASIVE

Chernysheva O.V., Perelygin J.P., Skrjabin V.A.

In the article the results of researches of sizes of protective pellicles of oiling-cooling liquid are given at processing of details by the condensed abrasive. At the research of the thickness of an adsorptive pellicle the adsorption was expressed through molecular - volumetric concentration of surface-active substances in a solution of abrasive suspension before and after processing at the experimental stand of a chamber type. The received values of sizes of protective pellicles are necessary for an estimation of the intensity of processing of the surface of a detail by ledges of a microrelief of an abrasive grain.