

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Н. А. ПЛЕТЕНЕВА и академик П. А. РЕБИНДЕР

**ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ АКТИВНОСТИ ЖИДКОЙ СРЕДЫ
НА ПРОЦЕССЫ РЕЗАНИЯ И ОБРАБАТЫВАЕМОСТЬ МЕТАЛЛОВ**

Работами нашей лаборатории (1) было показано, что введение в окружающую среду поверхностно-активных веществ облегчает деформации металлов в различных процессах их механической обработки. Этот весьма общий эффект имеет место как в случае простых деформаций (растяжение металлических монокристаллов) (2), так и в суммарных процессах обработки резанием, а в известной степени и давлением (5). Он вызван адсорбцией поверхностно-активных веществ на вновь образующейся поверхности обрабатываемого металла в устьях клиновидных микрощелей, развивающихся в процессе деформации в объемно-напряженном состоянии любого твердого тела на основе слабых мест — дефектов решетки в кристаллах. Образование адсорбционного слоя и связанное с этим понижение поверхностной энергии твердого тела (металла) облегчает развитие поверхностных микрощелей. Достигнув некоторого критического размера, они становятся зародышами сдвигов, т. е. пластической деформации (3).

Указанные работы (4, 5) установили, что активные смазочно-охлаждающие жидкости — растворы поверхностно-активных веществ в воде или в углеводородных растворителях (минеральных маслах, керосине), применяемые в обработке металлов, служат не только для понижения трения на внешних поверхностях в результате обычного смазочного действия, как это принималось всеми исследователями, но и непосредственно участвуют в процессе деформации обрабатываемого металла, облегчая деформации (течение металла) в слоях, прилегающих к поверхности. Это выражается в понижении напряжений и работы различных видов резания металла, в понижении износа обрабатываемого инструмента и в значительном улучшении качества поверхности металла.

Исследования Н. Н. Петровой в нашей лаборатории (5) показали, что адсорбционные эффекты облегчения деформации, а следовательно и резания при сверлении металлов, в сильной степени зависят от механического режима, например от осевого давления на сверло, в полном соответствии с представлениями, развитыми Л. А. Шрейнером (6): адсорбционный эффект облегчения механического разрушения твердого тела тем сильнее, чем меньше коэффициент полезного действия этого процесса, т. е. чем больше работа сверления единицы объема металла $A = dW / dv$, обратная величина которой ($1/A$) является естественной мерой обрабатываемости. Роль адсорбции поверхностно-активного вещества в устьях микрощелей и сводится к понижению этой работы, т. е. к приближению коэффициента полезного действия ($\eta = A_{\min} / A$) к его максимальному значению $\eta \rightarrow 1$.

Таким образом, для оценки роли активных смазочных жидкостей в процессах резания металлов целесообразно выбирать невыгодные

механические режимы, далекие от оптимальных. Определяя обрабатываемость металла методом сверления при помощи специального сверлильного станка — диспергометра, измеряющего крутящий момент и скорость погружения сверла в образец металла в кювете, содержащей данную жидкость, при заданных температуре и постоянном осевом давлении на сверло P , мы показали, что при высоких значениях начальной удельной работы резания металла (отожженный алюминий) в неполярной среде, при достаточно больших осевых давлениях, добавки поверхностно-активных веществ к углеводородным жидкостям (вазелиновому маслу или керосину, предельно очищенным от полярных примесей) дают резкий эффект, выражающийся в значительном понижении удельной работы резания.

Так, добавка 0,25 ÷ 0,5% цетилового спирта к керосину понижает удельную работу сверления алюминия при постоянных заданных условиях с $26,5 \cdot 10^{10}$ до $4,5 \div 3,7 \cdot 10^{10}$ эрг/см³, т. е. в 6 раз. Для достижения столь высоких значений работы резания нами применялись перочные сверла разного типа, а также копьевидные сверла практически не затупляющиеся в наших условиях, армированные твердым сплавом (победит). Обычные спиральные сверла дают для алюминия гораздо более низкие значения ($A \approx 2 \div 5 \cdot 10^9$ эрг/см³).

Нами определялась интегральная удельная работа резания $A_i = W/v$, вычисляемая делением всей работы сверления металла

до глубины h , $W = \int_0^h \frac{dA_i}{dh} dh$ на

соответствующий высверленный объем. Для цилиндрического

отверстия $A_i = \frac{2n_1}{r} \frac{1}{h} \bar{F}\tau = \varphi(h)$. Для конического отверстия (копьевидное сверло) $A_i = \frac{6n_1}{\sigma} \frac{1}{h^2} \bar{F} = \psi(h)$.

В этих формулах n_1 — постоянное число оборотов сверла за единицу времени, τ — время сверления, r — радиус сверла, $\bar{F} = \frac{1}{\tau} \int_0^{\tau} F(\tau) d\tau$ — среднее значение силы трения, соответствующее крутящему моменту сверла $M = Fr$, α — угол заострения сверла, определяющий форму отверстия.

Исследование кинетики сверления и зависимости удельной работы от давления на сверло или для копьевидного сверла от глубины сверления h (рис. 1) показало, что имеются две резко различные области влияния поверхностно-активных компонентов смазки на деформации металла в слоях, прилегающих к его поверхности, в процессах трения или механической обработки. В области эффективного резания, для копьевидного сверла при малых глубинах, т. е. высоких удельных давлениях, возникает эффект адсорбционного облегчения деформаций,

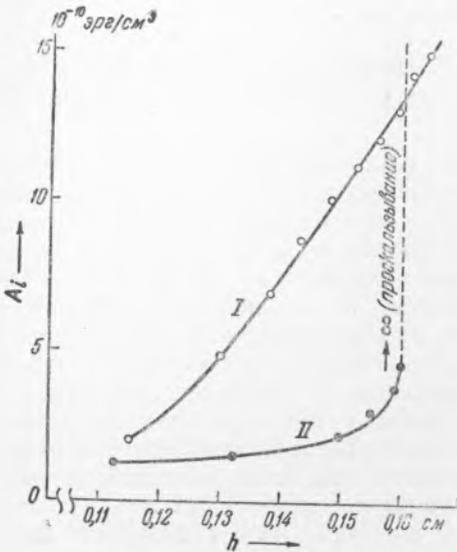


Рис. 1. Интегральная удельная работа сверления A_i в неполярном вазелиновом масле (кривая I) и в том же масле с добавкой 0,008 моль/л цетилового спирта (кривая II) в зависимости от глубины отверстия (осевое давление 6,5 кг)

соответствующий более или менее резкому понижению удельной работы резания при переходе от инактивной (неполярной) смазочной среды к среде с поверхностно-активными добавками, что и лежит в основе действия активных смазочно-охлаждающих жидкостей при резании металлов. По мере углубления копьевидного сверла удельное давление падает, и при значительно меньших напряжениях, создаваемых в поверхностных слоях металла, добавки поверхностно-активного вещества, наоборот, облегчают проскальзывание инструмента: начинает преобладать понижение внешнего трения — обычное смазочное действие. В этой области наблюдается удивительное явление — прекращение обработки (в наших опытах — сверления), если при тех же механических условиях к инактивной смазочной жидкости добавить поверхностно-активное вещество, например пальмитиновую кислоту или цетиловый спирт (рис. 1). При этом поверхностно-активное вещество играет роль добавки, повышающей смазочную способность и, вместе с тем, пони-

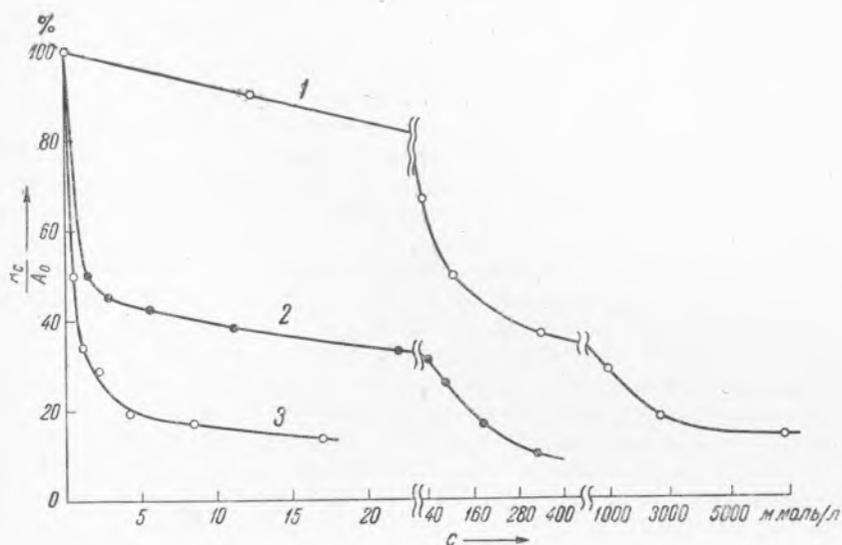


Рис. 2. Относительная интегральная работа сверления Al перочным сверлом до глубины 0,35 см в растворах в неполярном керосине: 1 — пропилового спирта (C_3H_7OH), 2 — гептилового спирта ($C_7H_{15}OH$) и 3 — цетилового спирта ($C_{16}H_{33}OH$) в зависимости от концентрации спирта. За 100% принято значение работы сверления в чистом неполярном керосине

жающей износ. При повышении давления на отдельных неровностях, как это имеет место в процессах приработки поверхностей, те же поверхностно-активные вещества вызывают повышение износа, облегчая возникающие деформации, т. е. способствуя сглаживанию поверхностей трения. Отсюда можно сделать важное следствие об оценке маслянистости активных смазок, т. е. их смазочной способности в условиях граничного трения. Если такую оценку производить по понижению износа, то надо иметь в виду, что те же добавки, повышающие маслянистость смазки, при больших давлениях вызовут закономерное повышение износа. „Критическое“ давление, разделяющее указанные области, в ряде различных металлов изменяется параллельно пределу текучести или другой прочностной характеристике металла. Металл обрабатываемого инструмента (режущей кромки сверла) значительно тверже обрабатываемого металла. Поэтому зона деформации развивается преимущественно в последнем, что и объясняет отсутствие заметного непосредственного повышения износа инструмента под влиянием активной смазки. Наоборот, этот износ резко снижается вследст-

вие облегчения процесса резания под влиянием обоих факторов — понижения трения и облегчения деформаций обрабатываемого металла.

Зависимость удельной работы резания от концентрации поверхностно-активного вещества при достаточно высоком постоянном P (рис. 2) носит ярко выраженный адсорбционный характер с резким падением A_1 в области малых концентраций и с достижением предела в области, соответствующей насыщению адсорбционного мономолекулярного слоя. При этом наибольшая величина адсорбционного эффекта почти одинакова для поверхностно-активных веществ, сильно различающихся как природой полярной группы (ее родством к металлу) — в наших опытах для спиртов и жирных кислот предельного ряда, так и длиной углеводородной цепи (от пропилового до цетилового спирта и от каприловой до стеариновой кислоты). Резкие различия обнаруживаются только в величинах концентраций, соответствующих достижению наибольшего эффекта. Эти молярные концентрации уменьшаются с удлинением углеводородной цепи в гомологическом ряду в соответствии с правилом Траубе для поверхностной активности, но с коэффициентом значительно меньшим, чем для поверхности раздела водный раствор/воздух (около 1,4 вместо 3,2). Для пропилового спирта эта концентрация составляет около 5—6 мол/л, для гептилового спирта около 0,4 мол/л, а для цетилового спирта и стеариновой кислоты 0,01 мол/л, что близко соответствует оптимальной концентрации этих добавок в опытах понижения предела текучести металлических монокристаллов (⁷).

При введении в неполярный керосин оптимальной добавки поверхностно-активного вещества поверхность обрабатываемого металла получается гораздо более гладкой и блестящей, как и следовало ожидать на основании наших общих представлений. Кроме того, как уже отмечалось в предыдущих работах нашей лаборатории, при введении добавок поверхностно-активного вещества стружка получается не „хрупкой“, в виде порошка, а пластично-сливковой (в виде сплошных витков) вследствие облегчения пластических деформаций металла*.

Исследование закономерностей влияния концентрации добавок поверхностно-активных веществ и при различных механических режимах позволило нам в значительной степени выяснить природу ряда своеобразных явлений, наблюдаемых в процессе резания.

Отдел дисперсных систем
Института физической химии
Академии Наук СССР

Поступило
10 VII 1948

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ П. А. Ребиндер, Юбил. сб. АН СССР к 30-летию Октябр. революции, ч. 1, М. — Л., 1947; П. А. Ребиндер с сотр., ЖТФ, 2, № 7—8, 726 (1932); Z. f. Phys., 72, 91 (1931); ЖФХ, 5, № 2—3 (1934); Изв. АН СССР, сер. хим., 5, 636 (1936).
² П. А. Ребиндер, В. И. Лихтман и Б. М. Масленников, ДАН, 32, № 2 (1941).
³ П. А. Ребиндер и В. И. Лихтман, ДАН, 32, № 2 (1941); В. И. Лихтман, и П. А. Ребиндер, ДАН, 57, № 1 (1947); В. Н. Лихтман, Докторская диссертация, М., 1948.
⁴ П. А. Ребиндер и Е. К. Венстрем, Изв. АН СССР, сер. физ., № 4—5, 531 (1937).
⁵ П. А. Ребиндер и Н. Н. Петрова, Сб. Трение и износ в машинах, 1, 1939; 2, 1940; С. Я. Вейлер, Н. Н. Петрова и П. А. Ребиндер, Изв. АН СССР, ОТН, 4, 625 (1946); Н. Н. Петрова, Вестн. АН СССР, № 11—12, 108 (1943).
⁶ Л. А. Шрейнер, А. Ф. Россмит и А. А. Демир, Горн. журн., № 6, 18 (1941); П. А. Ребиндер, Л. А. Шрейнер и К. Ф. Жигач, Понижители твердости в бурении, изд. АН СССР, М. — Л., 1944.
⁷ В. И. Лихтман, П. А. Ребиндер и Л. П. Янова, ДАН, 56, № 8 (1947).
⁸ В. А. Аршинов, Диссертация, М., 1948.

* Это было также показано при токарном резании (⁸).