

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Т. А. АМФИТЕАТРОВА и Б. Я. ЯМПОЛЬСКИЙ

**ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА
ПЛАСТИЧЕСКОЕ ТЕЧЕНИЕ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МЕТАЛЛОВ**

(Представлено академиком П. А. Ребиндером 6 III 1952)

1. В предыдущем сообщении⁽¹⁾ нами было показано, что при пластическом деформировании (растяжении) поликристаллической медной и алюминиевой проволоки в растворах поверхностно-активных веществ наблюдается адсорбционный эффект облегчения деформаций металла⁽²⁾. Этот эффект выражается в значительном увеличении скорости течения металла, причем величина эффекта зависит от дисперсности (микроструктуры) образца и концентрации активного вещества.

В дальнейших исследованиях было установлено, что адсорбционный эффект в поликристаллических металлах, как и следовало ожидать⁽³⁻⁵⁾, зависит от скорости деформации, обусловленной приложенным внешним напряжением, а также от величины относительной деформации образца.

Измерения проведены по принятой нами методике, описанной ранее⁽¹⁾, при растяжении под постоянным напряжением медной и алюминиевой проволоки в неактивной среде (воздух, неполярный керосин) и в активной среде (растворы спиртов, олеиновой кислоты, диоктилсульфосукцината Na и бутилстеарата).

Образцы медной проволоки диаметром 0,50 мм подвергались отжигу при температурах от 300 до 850° в графите для того, чтобы снять напряжения, возникшие при обработке проволоки волочением, и обеспечить процесс рекристаллизации для получения заданной величины зерна.

Алюминиевая проволока диаметром 1 мм отжигалась при температурах от 200 до 600° в токе водорода. Для опытов применялись образцы длиной 18 см со средним размером зерна 0,08 мм (медь) и 0,2 мм (алюминий), что соответствует оптимальной дисперсности металла, при которой адсорбционный эффект максимален⁽¹⁾.

Все образцы, для сообщения им однородного первоначального упрочнения, перед снятием кривых течения предварительно растягивались на 3% начальной длины.

2. Кривые кинетики пластического течения металла получены при постоянном напряжении, близком к пределу текучести, — около 9 кГ/мм² для меди и около 7 кГ/мм² для алюминия. Образцы растягивались в растворах поверхностно-активных веществ различных концентраций в неполярном растворителе (керосине). Для сравнения во всех случаях проводились опыты в неполярном керосине и на воздухе, которые дали практически совпадающие кривые течения. По этим кривым определялась величина относительного удлинения $\epsilon = \Delta l / l\%$ и вычислялась скорость относительного удлинения $\nu = d\epsilon / d\tau$.

В опытах по установлению концентрационной зависимости адсорбционного эффекта облегчения деформаций металла величина его характеризовалась отношением скорости течения образца при деформировании в активной среде к скорости течения в инактивной среде: $\text{Эф} = v_a / v_0$, при равных временах от начала опыта или, как в данной работе, при равных степенях удлинения образца, в оптимуме адсорбционного действия.

Установлено, что величина адсорбционного эффекта как на Cu, так и на Al сильно зависит от концентрации активного вещества.

Если представить зависимость скорости течения металла в активной среде как функцию логарифма концентрации активного вещества

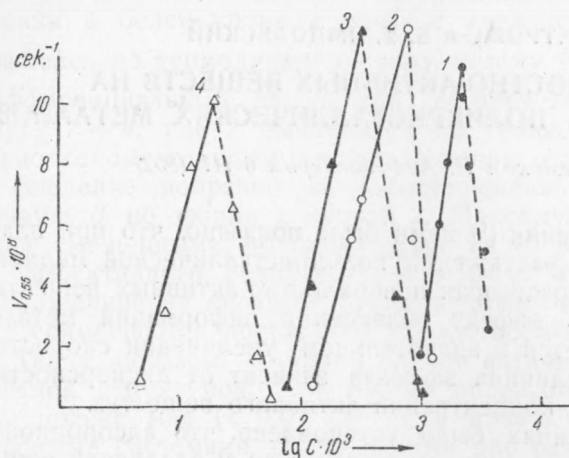


Рис. 1. Зависимость скорости течения медных образцов от концентрации растворов спиртов (при P -const и оптимальной величине относительной деформации 0,55%). 1 — C_4H_9OH , 2 — $C_8H_{17}OH$, 3 — $C_{16}H_{33}OH$, 4 — $C_{16}H_{33}OH$

в растворе, то получается зависимость $v = f(\lg C)$ с резко выраженным максимумом, приходящимся на определенную величину концентрации. Для исследованных нами растворов спиртов эта зависимость представлена на рис. 1.

Величина оптимальной концентрации, дающей максимальный эффект, уменьшается с увеличением молекулярного веса спирта и соответствует (в моль / л) 2,25 для бутилового спирта, 0,75 для гексилового, 0,30 для октилового и 0,020 для цетилового. Активность спиртов возрастает с увели-

чением молекулярного веса, что в общем согласуется с известным правилом Траубе, хотя коэффициент увеличения активности с возрастанием цепи на CH_2 -группу отличен от коэффициента, найденного Траубе, и равен 1,7 — 1,4.

Растворы олеиновой кислоты показали максимальный эффект при концентрации 0,025 моль / л; растворы диоктилсульфосукцината Na при 0,010 мол / л; бутилстеарат не дал заметного эффекта, что можно объяснить ослаблением адсорбционной способности его молекул вследствие блокировки полярной $COOH$ -группы группой C_4H_9O .

3. Скорость течения металла в начальный период пластической деформации очень резко падает вследствие развивающегося упрочнения. В наших опытах, при растяжении образцов под постоянным напряжением как в неполярной среде, так и в растворах поверхностно-активных веществ, скорость течения металла также резко уменьшалась с увеличением деформации.

Зависимость относительных скоростей течения металла в активной и инактивной средах от величины деформации можно представить функцией $\lg(v_a / v_0) = f(\epsilon)$. На рис. 2 показана эта зависимость, полученная на медных образцах, для растворов спиртов оптимальных концентраций. Такого же типа кривые были получены и для растворов олеиновой кислоты и бутилсульфосукцината Na. Эти кривые показывают, что наибольшее различие скоростей течения металла в активной и инактивной средах соответствует относительной деформации 0,5 — 0,6%, практически одинаковой не только для спиртов, но и для других поверхностно-активных веществ иной химической природы.

Повидимому, этот максимум адсорбционного эффекта отвечает условиям развития наибольшего числа микрощелей в образце под влиянием адсорбционных слоев поверхностно-активных веществ и лавинному нарастанию деформации образца при той же величине напряжения. В процессе дальнейшего растяжения эта разница скоростей убывает.

Такие же опыты с алюминиевыми образцами показали, что наибольшее увеличение скорости течения Al в активной среде приходится на относительную величину деформации 0,9%, следовательно, степень максимального развития микрощелей в процессе деформации зависит также и от природы металла.

4. Одним из основных факторов, влияющих на адсорбционный эффект облегчения деформаций металла, является величина действующего на образец напряжения, которое определяет скорость деформации и, следовательно, интенсивность развития микрощелей в поверхностном слое металла. Кинетика развития микрощелей, в свою очередь, является решающим фактором, влияющим на величину эффекта.

Влияние действующего напряжения на величину эффекта исследовано на меди при деформировании в растворах цетилового спирта и олеиновой кислоты оптимальных концентраций. На рис. 3 представлена зависимость адсорбционного эффекта от напряжения. Величина эффекта определялась, как и в предыдущих случаях, по разности скоростей течения металла в активной и инактивной средах при равных степенях удлинения для данного постоянного во время опыта напряжения.

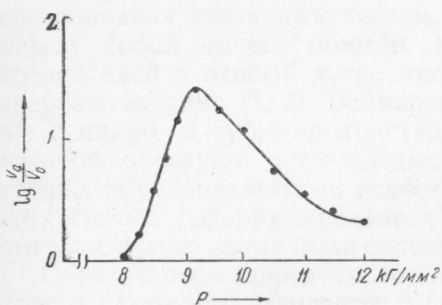


Рис. 3. Зависимость адсорбционного эффекта облегчения деформации металла от действующего напряжения (медь, в 0,02 мол/л растворе цетилового спирта)

и, наконец, становится незаметным. Эффект является наибольшим тогда, когда металл в процессе деформации подготовлен к наиболее активному воздействию адсорбционных слоев. Необходимым условием этого является оптимальная скорость развития сети микротрещин, проникающих в глубь металла.

При малых скоростях деформации микрощели недостаточно развиты для достаточно глубокого проникновения поверхностно-активных молекул в металл, что является причиной ослабления эффекта.

Наоборот, при большой скорости растяжения нарушается сдвиговый механизм деформации по основной системе скольжения, что связано со значительным упрочнением и неправильным развитием поверхностных микрощелей. Кроме того, вследствие большой скорости деформации адсорбционные слои не успевают покрывать вновь обра-

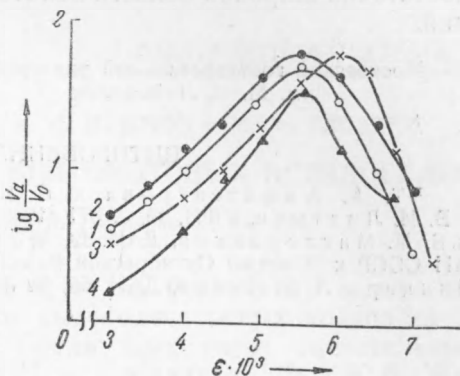


Рис. 2. Зависимость относительной скорости течения медных образцов в активной и инактивной среде от величины деформации. 1 — C_4H_9OH , 2 — $C_6H_{13}OH$, 3 — $C_8H_{17}OH$, 4 — $C_{16}H_{33}OH$

зующиеся поверхности, что приводит к резкому снижению и даже исчезновению адсорбционного эффекта. Из этого следует, что величина адсорбционного эффекта облегчения деформаций металла определяется режимом деформации и может наблюдаться в определенной, хотя и достаточно широкой области некоторых средних оптимальных напряжений.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило
21 II 1952

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Т. А. Амфитеатрова и Б. Я. Ямпольский, ДАН, 82, № 5 (1952).
² В. И. Лихтман, УФН, 33, 3, 371 (1949). ³ П. А. Ребиндер, В. И. Лихтман
и Б. М. Масленников, ДАН, 32, № 2 (1941). ⁴ П. А. Ребиндер, Юбил. сборн.
АН СССР к 30-летию Октябрьской Революции, 1947. ⁵ В. И. Лихтман, П. А. Ре-
биндер и Л. П. Янова, ДАН, 56, № 8 (1947).