

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Т. Ю. ЛЮБИМОВА и академик П. А. РЕБИНДЕР

**ВОЗРАСТАНИЕ УПРОЧНЕНИЯ МЕТАЛЛОВ ПРИ ПЕРИОДИЧЕСКОМ
ДЕФОРМИРОВАНИИ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНОЙ
СМАЗКИ**

Изучая влияние добавок поверхностно-активных веществ к окружающей среде на периодические деформации поверхности поликристаллического цинка, мы обнаружили, что степень возникающего наклепа (упрочнения) возрастает при деформировании в поверхностно-активной среде. Кинетика изменения твердости металла в процессе деформирования показывает, что в начальной стадии деформирования в присутствии поверхностно-активного вещества имеет место давно обнаруженный и изученный в нашей лаборатории эффект адсорбционного понижения твердости (^{1,2}); по мере дальнейшего деформирования нарастание твердости — явление наклепа — в активной среде происходит в большей степени, чем в неактивной, так что наивысшее значение твердости оказывается больше в активной среде, очевидно, вследствие каких-то дополнительных изменений в структуре металла.

Систематическое изучение этого нового „упрочняющего“ действия адсорбирующихся веществ проводилось в процессе деформирования поверхностного слоя металла при незатухающих (вынужденных) колебаниях тяжелого маятника (весом 24 кг) типа маятника В. Д. Кузнецова, производившихся всегда с одинаковой амплитудой и в одной плоскости. Опорный стальной шарик маятника ($D = 7,84$ мм) при этом перекачивался в противоположных направлениях по поверхности образца, разрабатывая эллиптическую лунку. Измерения твердости производились по убыли амплитуды со временем при свободных затухающих колебаниях того же маятника ($T = 1,07$ сек.), который, таким образом, совмещал в себе функции деформирующего инструмента и прибора для измерения твердости. Относительная („маятниковая“) твердость H_m вычислялась как величина, обратная логарифмическому декременту затухания (¹):

$$\frac{1}{H_m} = -\frac{1}{a_0} \left(\frac{da}{d\tau} \right)_0$$

Сопоставление результатов таких измерений твердости с твердостью по Бринеллю (H_B) и Виккерсу (H_W) для различных металлов показало, что H_m в широком интервале изменяется пропорционально H_B и H_W (рис. 1) и может, таким образом, характеризовать механические свойства металла.

Опыты проводились с поликристаллическими металлами — цинком и медью. Поверхностно-активной средой — активной смазкой — служили растворы 0,1% стеариновой кислоты в неполярном керосине (гептане) или 0,2% олеиновой кислоты в чистом вазелиновом масле (³). Инактивной средой являлся воздух или неполярный растворитель, не вызывавший заметных изменений.

Поверхность образцов шлифовалась, полировалась и перед опытом травилась в концентрированной азотной кислоте (опыты показали, что при травлении поверхности образцов все эффекты, связанные с действием адсорбирующихся веществ, проявляются ярче) (табл. 1).

Образцы химически чистого литого цинка отжигались при 200°С в течение 2—3 час.; средний размер зерна в исходных образцах цинка был от 25 до ~200μ, в образцах электролитической литой меди — около 50μ.

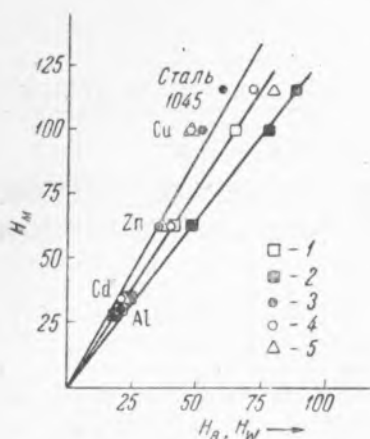


Рис. 1. H_W : 1—5 кГ, 2—10 кГ;
 H_B : 3—250 кГ, 4—500 кГ,
5—1000 кГ

Типичные кривые зависимости твердости от числа N периодических механических воздействий — колебаний маятника (пропорционального времени) для цинка при 20°С приведены на рис. 2. Восходящая ветвь кривой соответствует упрочнению; нисходящая, очевидно, является результатом рекристаллизации (температура начала рекристаллизации цинка около 20°).

Своеобразный характер изменения твердости в процессе деформирования в активной среде для поликристаллической меди показан на рис. 3. Здесь N' — порядковый номер измерения твердости; вертикальными черточками обозначены механические воздействия, одинаковые во всех случаях и для разных сред.

После каждой серии колебательных воздействий твердость в активной среде возрастает скачком; последующие измерения обнаруживают ее самопроизвольное убывание до величины, превышающей, однако, значение H_M перед воздействием. Общее возрастание твердости (в процентах к начальной твердости в данной среде), а также

Таблица 1

$t, ^\circ\text{C}$	$-\Delta H, \%$ *	$+\Delta H, \%$ *		Обработка поверхности
		инактивн. среда	активн. среда	
20	27	26	100	Нетравл. шлиф
20	21	21	100	Травл. шлиф, выдержан. на воздухе
20	45	21	208	Свежее травл. HCl
20	90	21	500	Свежее травл. HNO ₃
10	47	16	115	То же
75	8	0	0	»

* — ΔH — начальное адсорбционное понижение твердости в процентах к твердости в неактивной среде; $+\Delta H$ — повышение твердости в результате наклепа в процентах к начальной твердости в данной среде.

абсолютное значение наибольшей (конечной) твердости для меди, как и в случае цинка, выше при деформировании в активной среде. Общий характер полученных закономерностей подтвердился измерениями микротвердости исходной поверхности образцов и дна лунок, полученных в разных средах при одинаковых механических режимах.

Результаты исследования влияния температуры на „упрочняющее“ действие адсорбирующихся веществ для одного из образцов цинка представлены на рис. 4. Упрочнение в присутствии поверхностно-ак-

тивного вещества, в противоположность инактивной среде, обнаруживает резкую температурную зависимость, достигая наибольшего значения вблизи температуры начала рекристаллизации и убывая по мере удаления от нее как в область более высоких, так и в область более низких температур.

Изучение температурной зависимости для меди затруднялось заметным испарением активной смазки уже выше 100°C (температура

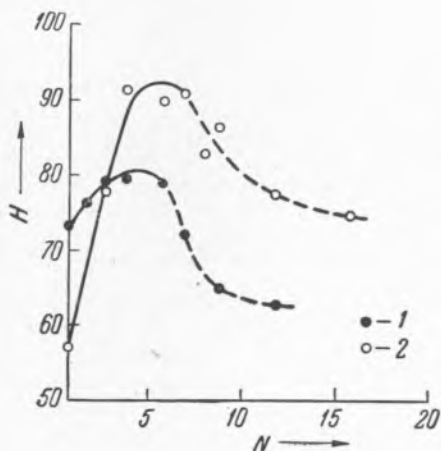


Рис. 2. 1 — инактивная среда, 2 — активная среда

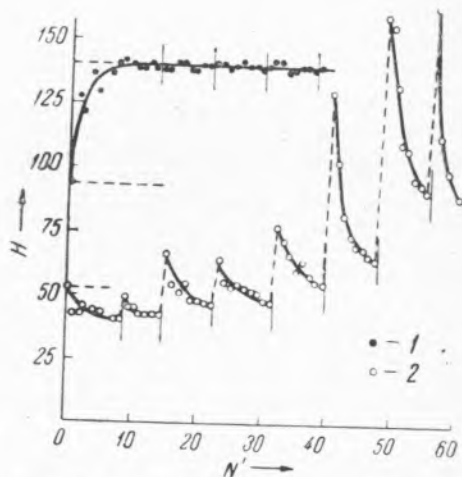


Рис. 3. 1 — инактивная среда, 2 — активная среда

рекристаллизации меди лежит вблизи 200°). Однако уже при 100° значение $\pm \Delta H$ -эффектов в активной среде возрастает в несколько раз (до 6 раз). Предварительные опыты с медью при более высоких температурах показали, что в этих условиях форма кривых зависимости H_m от числа воздействий в активной и инактивной среде приближается к форме этих кривых для цинка при 20° .

Измерения объемов лунок, образующихся под опорным шариком маятника, показали, что между размерами этой видимой деформации и ходом изменения твердости в различных средах не имеется соответствия; очевидно, значительная часть энергии маятника, поглощаемой металлом, расходуется на создание пластической деформации металла под лункой. Резкое понижение H_m в начальной стадии деформирования в активной среде соответствует, как это было показано работами П. А. Ребиндера и В. И. Лихтмана⁽³⁾, мгновенному увеличению числа действующих плоскостей скольжения в десятки раз и, следовательно, большей степени пластической деформации кристаллитов в этих условиях.

Увеличение числа сдвигов — увеличение степени деформации кристаллитов под влиянием адсорбирующихся веществ — на более поздних стадиях деформирования может способствовать увеличению степени наклепа в результате своеобразного внутреннего диспергирования.

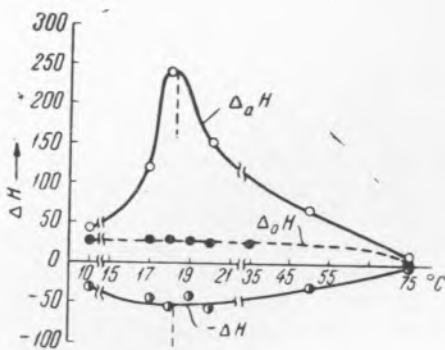


Рис. 4

Таким образом, одно и то же внешнее механическое воздействие в активной среде вызывает больший наклеп металла; одна и та же степень наклепа достигается в присутствии активной смазки через более короткий срок, т. е. при меньшем числе периодических механических воздействий.

Отдел дисперсных систем
Института физической химии
Академии наук СССР

Поступило
16 IX 1948

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ П. А. Ребиндери и Н. А. Калиновская, ЖТФ, **2**, в. 7—8, 726 (1932); P. Rehbinder, Z. f. Physik, **72**, 331 (1931). ² П. А. Ребиндер, Физико-химические явления при деформациях твердых тел, Общее собрание АН СССР 1—4 VII 1946 г., М.-Л., 1947; Сб. н.-и. работ к 30-летию Октябрьск. рев., **1**, 1947; П. А. Ребиндер, Л. А. Шрейнер и К. Ф. Жигач, Понизители твердости в бурении, М.-Л., 1944. ³ П. А. Ребиндери и Е. К. Венстрем, Изв. АН СССР, сер. физ., в. 4/5 (1937); П. А. Ребиндер, В. И. Лихтман и В. М. Масленников, ДАН, **32**, № 2 (1941); П. А. Ребиндери и В. И. Лихтман, ДАН, **56**, 723 (1947).