Доклады Академии Наук СССР
1954. Том XCIX, № 6

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

С. Я. ВЕЙЛЕР

ВЛИЯНИЕ СМАЗОЧНЫХ СРЕД НА ПОВЕРХНОСТНОЕ ТЕЧЕНИЕ МЕТАЛЛА

(Представлено академиком П. А. Ребиндером 22 VII 1954)

Многие процессы обработки металлов давлением сопровождаются поверхностным течением металла. При этом большую роль играют смазки и смазочно-охлаждающие жидкости. Однако влияние смазочных сред на течение металла в поверхностном слое совершенно не изучено. Нами исследовано влияние различных смазок на тангенциальные усилия, изменения микроструктуры и микротвердости при течении металла в поверхностных слоях.

Для этой цели был использован разработанный нами метод продавливания шарика ([1]). Он заключается в измерении тангенциальных усилий медленного продавливания стального шарика через сквозное цилиндрическое отверстие в металлическом образце.

Образцы изготовлялись из прутковой меди диаметром 25 мм и длиной 45 мм. В центре образца просверливалось отверстие, которое развертывалось до диаметра 6,0 мм. Диаметр продавливаемого шарика 6,316 мм. Так как пуансон имел длину 12 мм (более длинные пуансоны ломались), то по мере продвижения шарика соответствующая часть образца срезалась на токарном станке. Оставшаяся часть образца длиной 12 мм после выталкивания шарика обратно разрезалась по диаметру вдоль отверстия (см. рис. 1 *а* и *б*). На плоскости среза в зоне касания поверхности с шариком определялся наплыв металла, исследовались микроструктура и микротвердость. Шлифы изготовлялись механическим шлифованием с последующей электрополировкой в фосфорной кислоте и травлением в хромовом растворе. Сухие образцы, шарики и пуансоны до опыта тщательно обезжиривались многократно весьма чистым (криоскопическим) бензолом.

При продавливании шарика избыточный поверхностный слой металла пластически деформируется, образуя наплыв металла (пластическую волну) перед шариком. Поверхность образца упрочняется и становится гладкой (блестящей). Высота пластической волны зависит от разности диаметров отверстия и шарика. При повторных пропусках шарика тангенциальные усилия уменьшаются вследствие продолжающегося перетекания металла к выходному отверстию образца. После многократных пропусков пластическое течение прекращается, поверхностный слой металла получает наибольший наклеп и наблюдается постоянство тангенциальных усилий, которые уже затрачиваются только на преодоление упругих поверхностных деформаций.

Из табл. 1, в которой представлены результаты измерения тангенциального усилия продавливания шарика видно, что смазки значительно понижают усилие продавливания шарика. 5% раствор мыла уменьшает усилие в 3,5 раза. Вода мало влияет на усилие, повидимому, потому, что она при больших давлениях выдавливается. Заме-

чено, что усилия по мере продвижения шарика всухую непрерывно возрастают, а со смазкой сначала увеличиваются до некоторого значения и далее не изменяются. При проталкивании шарика всухую наплыв металла гораздо больше, чем со смазкой. Соответственно изменяется и диаметр отверстия. На рис. 1 показан наплыв металла всухую (*а*) и с окисленным парафином (*б*). Упругое восстановление (упругая отдача) со смазкой значительно больше, чем всухую. В табл. 2 показана эта зависимость.

Таблица 1

Смазка	Макс. тангенц. усилие продавливания в кГ
Всухую	1900
Вода	1800
Октан	980
Октиловый спирт	750
Олеиновая кислота	680
Окисленный парафин	650
Каприловая кислота	620
5% раствор мыла	540

При этом, как и должно быть, $h_0 - h_1 = y_1 - y_0$. Из этих данных следует, что при продавливании шарика без смазки (всухую) в зону деформации вовлекается больше металла (металл прилипает к шарику и тянется вместе с ним), а со смазкой шарик проскальзывает, и степень пластической деформации металла относительно меньше. Особенно ярко захват металла виден по изменению микроструктуры. На рис. 2 показана микроструктура поверхностных слоев металла после прохода шарика всухую (*а*) и с окисленным парафином (*б*).

Таблица 2

Смазка	Разность диаметров отверстия и шарика в μ	Толщина перетекшего слоя h в μ	Упругое восстановление y в μ
Всухую	316	$h_0 = 125$	$y_0 = 191$
Окисленный парафин	316	$h_1 = 25$	$y_1 = 291$

При продавливании шарика сначала перед ним происходит сжатие зерен, а затем зерна, попадая под шарик, растягиваются. Максимальная степень деформации обнаруживается в самых поверхностных слоях отверстия. По мере продвижения вглубь металла степень деформации уменьшается до нуля. Соответственно уменьшается и микротвердость. Таким образом, при продавливании шарика всухую зерна поверхностных слоев металла сильно вовлекаются в пластическое течение и образуют ясно выраженную текстуру деформации. В этом случае в зоне деформации трудно установить границы зерен. Зерна вытягиваются в тонкие пластинки, которые в поперечном сечении в направлении движения шарика имеют вид тонких нитей. В вершине наплыва накапливается наиболее тонко внутренне-диспергированный металл, который в совокупности имеет вид пучка тонких нитей. В присутствии смазок меньше металла вовлекается в зону деформации. Зерна несколько деформированы (наклонены), но границы их еще видны даже в самых верхних слоях.

Совершенно другая картина наблюдается при объемно-пластическом деформировании, например при глубокой вытяжке металлов, когда весь объем металла вовлечен в пластическое течение. При одинаковом зазоре между пуансоном и матрицей (т. е. практически при одной и той же деформации) микроструктуры при обработке всухую и со смазкой почти одинаковы, если пренебречь упругой отдачей, которая со смазкой больше. Наряду с этим хорошая смазка может снизить тангенциальное усилие на 50%.

Эффект упругого последействия имеет место во всех процессах

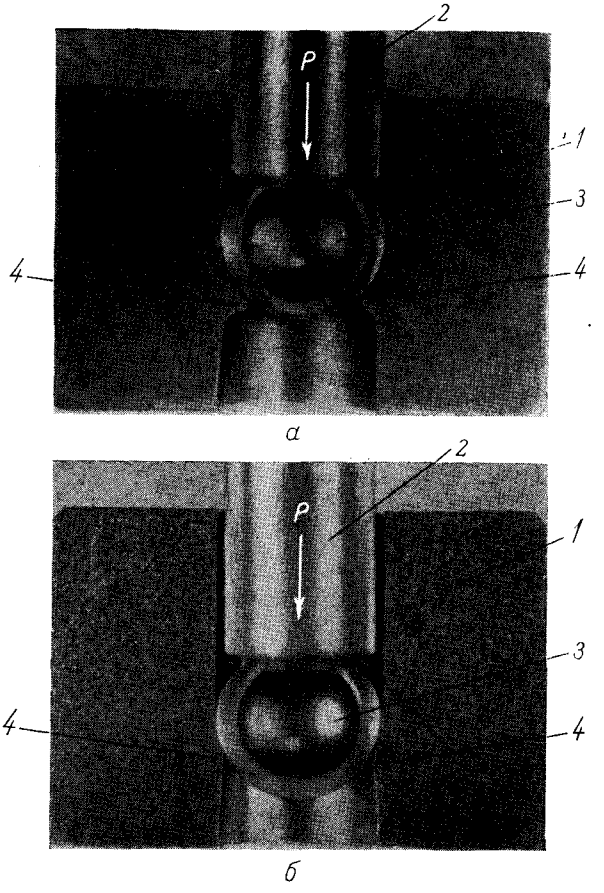


Рис. 1. Наплыв металла при продавливании шарика: *а* — всухую, *б* — с окисленным парафином. *1* — образец; *2* — пуансон; *3* — шарик; *4* — наплыв металла. × 3

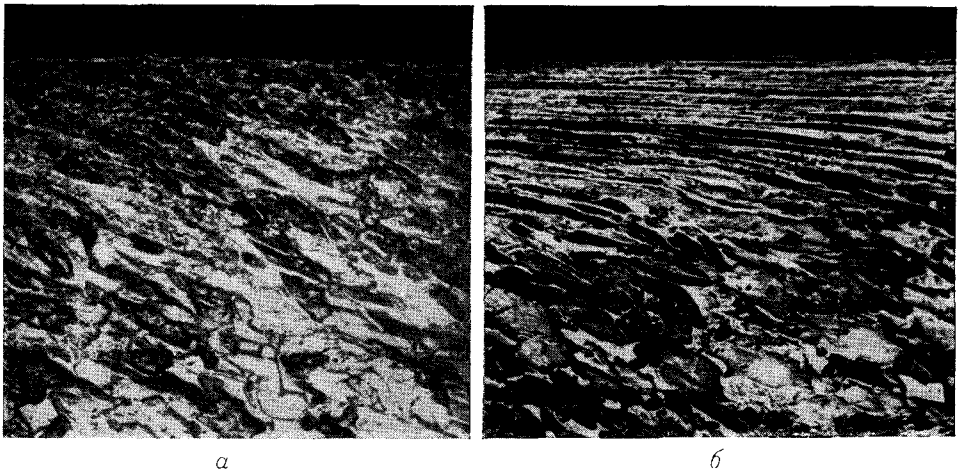


Рис. 2. Микроструктура меди под шариком после деформации: *а* — всухую; *б* — в присутствии окисленного парафина. × 80

обработки металлов давлением, особенно же он должен учитываться при волочении, прокатке, чеканке и дорнировании.

В настоящее время считают, что роль смазки сводится к предотвращению непосредственного контакта и уменьшению внешнего трения между металлом и инструментом.

Работы П. А. Ребиндера и его сотр. ([2]) показывают, что поверхностно-активные жидкие среды не только уменьшают внешнее трение, но и облегчают пластическую деформацию поверхностных слоев металла. В связи с этим в некоторых наших работах ([3], [4]) было высказано предположение, что при обработке металлов давлением в очень тонком поверхностном слое активные смазки могут действовать пластифицирующим способом, образуя относительно более мягкий слой на поверхности, чем внутри металла. Тонкие поверхностные пластифицированные слои могут выдерживать сильную пластическую деформацию и этим выполнять роль высоковязкой (твердообразной) смазки. В этой квазитвердой среде и происходит относительное движение (скольжение) поверхностей инструмента и металла с образованием обновленной поверхности. На этом основано применение пластичных плакировочных покрытий. При обработке без смазки (всухую) самый тонкий поверхностный слой металла прилипает к инструменту (почти не скользит) и не деформируется. Нижележащие слои подвергаются глубокому деформированию при больших тангенциальных усилиях. В этом случае происходит сильное диспергирование металла, вытягивание зерен и образование определенной текстуры деформации. Несмотря на различные внешние эффекты, механизм действия смазок при поверхностном и объемном деформировании, повидимому, одинаков.

Институт физической химии
Академии наук СССР

Поступило
10 VII 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] С. Я. Вейлер, Л. А. Шрейнер, ДАН, 73, № 2 (1949). [2] В. И. Лихтман, П. А. Ребиндер, Изв. АН СССР, сер. физ., 27, № 3 (1953). [3] С. Я. Вейлер, Л. А. Шрейнер, Тр. Инст. физ. хим. АН СССР, в. 1, 178 (1950). [4] С. Я. Вейлер, Г. И. Епифанов, ДАН, 92, № 3 (1953).