

Смирнов В.С., Дурнев В.Д., Кашевский Н.П. Продольная периодическая прокатка. - М.-Л.: Машгиз, 1961. - 232 с. З. А. с. 595045 (СССР). Устройство для продольной периодической прокатки полос / В.А.Борисов, - Оpubл. в Б. И., 1978, № 8. 4. Способ уплотнения и прокатки металлического порошка. Патент США 3892832 кл. 264/109, В 22 3/18.

УДК 621.787

П.И.Ящерицын, академик АН БССР,  
Е.И.Пятосин, канд. техн. наук,  
Е.И.Глазунов, инженер (ФТИ АН БССР)

### ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ И МНОГОКРАТНОМ НАГРУЖЕНИИ

Процесс пластического деформирования протекает не мгновенно, а в какой-то промежуток времени. Данные о твердости без учета фактора времени не могут достаточно точно характеризовать сопротивление металла пластической деформации при поверхностном пластическом деформировании (ППД), поэтому было проведено исследование динамики процесса внедрения индентора в материал. Так как при ППД каждая точка поверхности нагружается много раз, исследовались также особенности вдавливания индентора при многократном нагружении.

Исследования проводились по специально разработанной методике с применением прибора для измерения твердости типа Роквелл и скоростной киносъемки. В качестве индентора использовался алмазный конус. Нагрузка составила 600, 1000 и 1500 Н. Механизм нагружения прибора был модернизирован. Вместо кулачка для удержания груза была установлена защелка, при снятии которой укол осуществлялся мгновенно. Для регистрации движения стрелки индентора во времени использовалась скоростная кинокамера СКС-1М-16 со скоростью съемки 1500 кадров в секунду, что соответствовало выдержке на каждом кадре  $1/3000$  с. В качестве исследуемого материала использовался титан ВТ-16. На рис. 1 показана зависимость глубины внедрения алмазного конуса в образец от времени при мгновенном нагружении усилием 1000 Н и 600 Н, а также шарика диаметром 1,59 мм с усилием 600 Н. Как видно из графика, наблюдается примерно пропорциональная зависимость увеличения деформации с течением времени.

Из анализа графика (рис. 1, кривая 3) можно сделать вывод, что для деформации в 0,1 мм необходим отрезок времени около 1/300 с, что соответствует скорости деформации 30 мм/с или  $v = 1,8$  м/мин. Поэтому при накатывании титанового сплава ВТ-16 в условиях однократного нагружения назначение скорости выше 1,8 м/мин приводит к уменьшению глубины дефор-

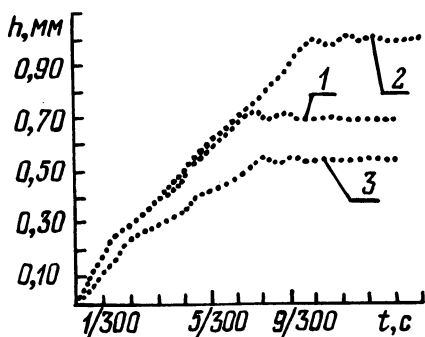


Рис. 1. Зависимость глубины вдавливания в образец индентора от времени  $t$  при мгновенном нагружении: 1 – при вдавливании алмазного конуса с нагрузкой 600 Н; 2 – то же при нагрузке 1000 Н; 3 – при вдавливании шарика диаметром 1,59 мм с нагрузкой 600 Н.

мации и упрочнения поверхностного слоя металла, возможных при данных условиях.

Исследование влияния кратности приложения нагрузки на процесс вдавливания индентора в металл проводили на титане ВТ-16 методом статического (обычного при измерении твердости) и динамического вдавливания. В качестве индентора использовали шарик диаметром 1,59 мм, нагрузка составила 600 Н.

Статическое многократное вдавливание индентора в одну и ту же точку производили до тех пор пока прибор показывал прирост глубины внедрения при одной и той же нагрузке. На рис. 2 приведена зависимость глубины вдавливания от количества циклов для сплава ВТ-16. Из графика видно, что многократное вдавливание шарика дает прирост глубины вдавливания до 14 циклов. Дальнейшее увеличение количества циклов для данного материала бесполезно, так как процесс упрочнения поверхностного слоя закончен и дальнейшее накопление деформации может вызвать явления перенаклепа.

Процесс динамического вдавливания осуществлялся на приборе ТК-2М модифицированного для создания мгновенного нагружения, как описано в данной статье. При освобождении рычага с грузом происходило мгновенное нагружение образца индентором (шариком 1,59 мм), в результате чего возникали упругие колебания рычага с грузом с затухающей амплитудой. Для регистрации амплитуды и частоты затухающих колебаний применялась кинокамера "Красногорск-2" со скоростью съемки 48 кад-

ров в секунду. Выдержка времени составляла 0,01 с. На рис. 3 представлен график развития динамической деформации во времени от мгновенного нагружения нагрузкой 100 Н с регистрацией затухающих колебаний процесса деформации. Соединив между собой середины синусоид, можно построить кривую динамического (дробного) деформирования. На графике видно, что че-

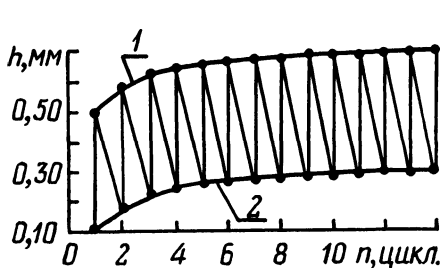


Рис. 2. Зависимость глубины вдавливания стального шарика диаметром 1,59 мм от количества циклов нагружения при статическом нагружении усилием 600 Н:

- 1 — внедрение индентора под нагрузкой;
- 2 — деформация после снятия нагрузки.

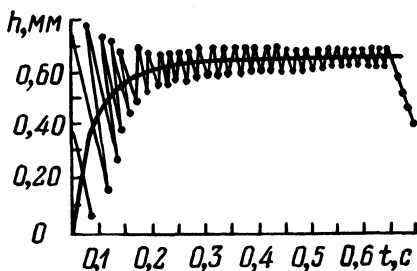


Рис. 3. Зависимость глубины вдавливания шарика диаметра 1,59 мм от времени при динамическом нагружении.

рез определенное количество циклов средняя кривая становится горизонтальной, т. е. дальнейшее внедрение индентора прекращается. Для условий эксперимента это составило примерно 14 циклов.

Совпадение количества циклов при статическом и динамическом вдавливании позволяет предположить, что в лабораторных условиях, не модернизируя прибор ТК-2, можно определить оптимальное количество циклов деформации путем многократного вдавливания индентора в одну и ту же точку и построения зависимости увеличения глубины проникновения индентора от количества циклов нагружения при постоянной нагрузке.

Полученные данные можно использовать для выбора величины продольной подачи и оптимального количества циклов нагружения.