

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНТАКТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ПЛОСКОЙ
ОСАДКЕ ПО РАСПРЕДЕЛЕНИЮ ТВЕРДОСТИ**

Э. С. ВАКСМАН, Г. Д. ДЕЛЬ

(Рекомендована к печати научной конференцией механического факультета)

Для аналитического исследования пластической деформации при обработке металлов давлением и расчете рабочего инструмента на прочность необходимо знать напряжения, возникающие в контакте обрабатываемого металла и инструмента. В настоящее время определение удельных сил трения и удельных давлений осуществляется методом тензометрии [1]. Ниже излагается методика определения контактных напряжений по распределению твердости в обрабатываемом металле. По этой методике изучено распределение нормальных напряжений в контакте в некоторых случаях плоской осадки.

В работе [2] изложена методика определения напряжений в пластической области по распределению твердости. Для этого путем испытания на осевое сжатие со смазкой и последующего измерения твердости сжатых до различной степени деформации образцов строится тарировочный график, связывающий интенсивность касательных напряжений K с твердостью. Измеряя затем в различных точках деформированного тела твердость, с помощью тарировочного графика определяют функцию $K(x, y)$.

Напряжения рассчитываются путем численного интегрирования дифференциальных уравнений равновесия с учетом установленного распределения K . В некоторых случаях этим методом удается определить и контактные напряжения. Условия на контакте изучались при радиальном сжатии цилиндра и осадки полос из ряда материалов с различным соотношением размеров. Длина образцов втрое превышала их ширину, вследствие этого деформация в средней по длине части считалась плоской. Твердость деформированных образцов измерялась в плоскости деформации, испытываемая поверхность тщательно полировалась. Измерения производились алмазной пирамидой под нагрузкой 30 кг (при испытании алюминиевых образцов — 10 кг). У каждого образца производилось 100—150 измерений. Результаты измерений твердости усреднялись проведением изоскляр — линий равных твердостей.

Для построения тарировочных графиков из изучаемых материалов изготавливалось по 8—10 образцов диаметром 15 мм и высотой 23 мм. Твердость сжатых образцов измерялась в достаточно удаленных от торцов точках меридиональных сечений.

Методика расшифровки подробно освещена в работе [2]. На рис. 1 приведены эпюры контактных напряжений при различной осадке призм из стали X18H9T с начальной высотой $h=24$ мм и шириной поперечного сечения $b=16$ мм. Особенностью эпюр является возрастание неравномерности распределения напряжений с увеличением осадки. Интенсив-

ное возрастание контактных напряжений вблизи периферии образца сопровождалось лишь незначительным увеличением напряжений на оси

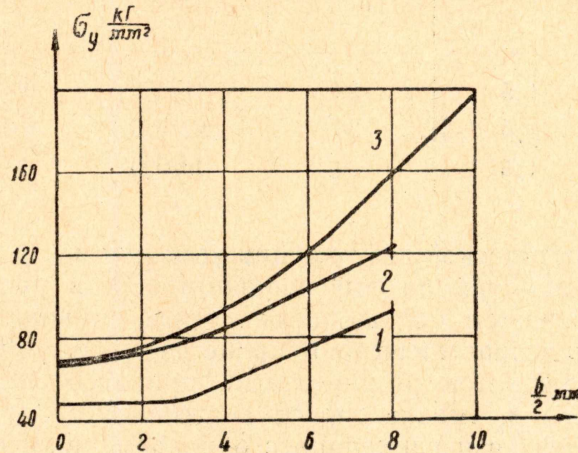


Рис. 1. Влияние степени осадки на распределение нормальных контактных напряжений

№ кривой	Материал	Осадка в %	Факт.	Расчет.	Погрешность расчета в %
1	X18H9T	1,5	84700	75000	10
2	X18H9T	1,5	123000	120000	2,5
3	X18H9T	1,5	193000	184000	5

симметрии. Полученные эпюры характерны только для узких полос и качественно согласуются с результатами исследований авторов [3], [4].

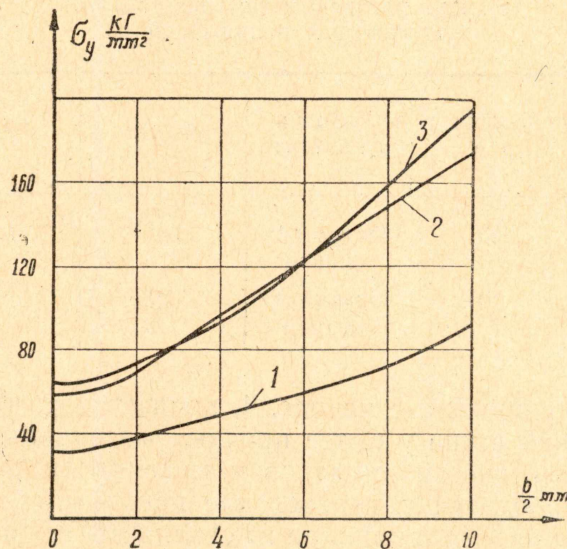


Рис. 2-а. Влияние прочности материала на распределение нормальных контактных напряжений

К возрастанию неравномерности приводит и повышение прочности материала (рис. 2 а). У высокопрочняющихся сталей X18H9T и ЩХ15 неравномерность больше, чем у слабопрочняющихся Ст. 3.

№ кривой	Материал		Осадка в %	Факт.	Расчет.	Погрешность расч. в %
1	Ст.—3	1,5	30	170000	140000	17
2	Ст.—15	1,5	30	220000	203000	8
3	X18H9T	1,5	30	193000	184000	5

В процессе пластической деформации упругость металла уменьшается. То, что, несмотря на это неравномерность распределения σ_y возрастает с увеличением осадки, объясняется, по-видимому, преобладающим влиянием возрастающего в процессе деформирования трения. Последнее подтверждается результатами, приведенными на рис. 2 б. Кривая 1 получена при смазке торцев осаживаемого образца смесью коллоидального графита и глицерина с одновременным использованием прокладок из свинцовой фольги толщиной 0,05 мм. Кривая 2 (как и все прочие эпюры) получена при сжатии образца между шлифованными пластинками без смазки.

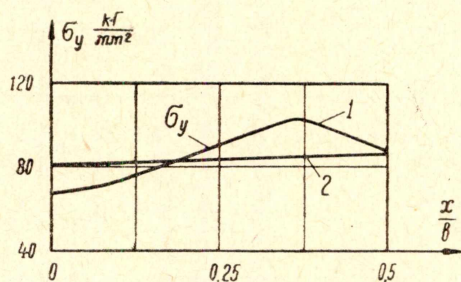


Рис. 2-б. Влияние условий в контакте на распределение нормальных контактных напряжений

№ кривой	Материал	Осадка в %	Условия в контакте	Факт.	Расчет.	Погрешность расч. в %
1	X18H9T	20	Осадка без смазки	123	120	2,5
2	X18H9T	20	Осадка со смазкой	120	130	8

Результаты, приведенные на рис. 4, показывают, что величина контактных напряжений выше у более прочных материалов, однако характер эпюры σ_y практически одинаков у материалов разной прочности.

На рис. 3 приводится распределение контактных напряжений при радиальной осадке на 30% цилиндра из стали X18H9T и Ст. 3 диаметром 30 мм и длинами 60 и 90 мм соответственно. Расчет выполнен в предположении об отсутствии трения на границе контактной площадки. И в этом случае в средней части контактной площадки нормальные напряжения ниже, чем на периферии.

Полученные эпюры контактных напряжений проверялись путем сопоставления расчетных деформирующих усилий, определяемых как произведение площади эпюры на длину образца, с фактическим значением

этих усилий. Как видно из таблиц, при осадке расхождение расчетных усилий с действительными не превышало 18%.

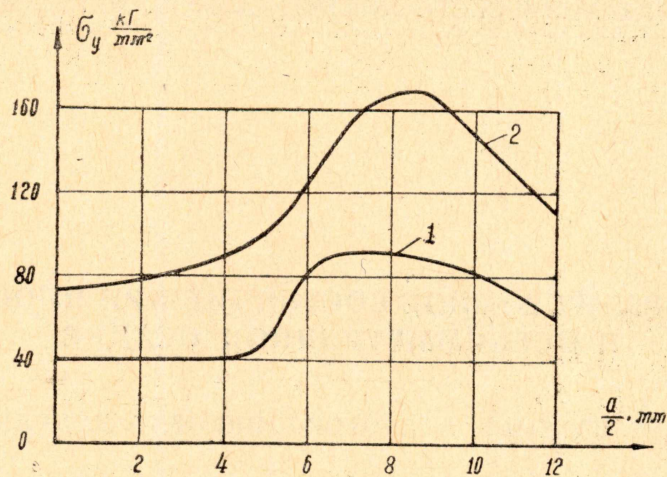


Рис. 3. Распределение нормальных контактных напряжений при радиальном сжатии цилиндра

№ кривой	Материал	Осадка в %	Факт.	Расчет.	Погрешн. расч. в %
1	Ст. 3	30	175	143	18
2	X18H9T	30	275	250	9

ЛИТЕРАТУРА

1. М. И. Поксеваткин, И. Я. Тарновский, А. Н. Леванов. Новая методика измерения контактных напряжений при прокатке, Известия высших учебных заведений, Черная металлургия, № 4, 1964.
2. Г. Д. Дель. Исследование пластической деформации измерением твердости. Известия Томского политехнического института, том 138, 1965.
3. Г. А. Смирнов-Аляев, А. П. Олехвер. Исследование контактных напряжений и деформированного состояния при плоском осаживании. Кузнечно-штамповочное производство, № 9, 1965.
4. А. Д. Томленов. Механика процессов обработки металлов давлением. Машгиз, 1963.