

Т.В. КАЛИНОВСКАЯ, канд.техн.наук,
 Д.И. ДМИТРОВИЧ,
 В.В. ВОЛЧУГА,
 А.А. ГАНУСЕВИЧ (ФТИ АН БССР)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ОСЕСИММЕТРИЧНОСТИ КОНТАКТНОЙ ПЛОЩАДКИ ПРИ ПОВЕРХНОСТНОМ ПЛАСТИЧЕСКОМ ДЕФОРМИРОВАНИИ

При определении режимов поверхностного пластического деформирования (ППД) основными исходными параметрами, необходимыми для расчета, являются площадь контакта и уровень средних давлений, распределенных по этой площади.

В настоящей работе обсуждается первый из них, причем тот его аспект, который связан не с абсолютной площадью пятна контакта, а с его коэффициентом осесимметричности.

Рассматривается процесс вдавливания обкатного инструмента (торового ролика, шарика) в обрабатываемую деталь (цилиндр, плоскость). Особенности очага деформации, связанные с переходом к качению, будут обсуждены в дальнейших публикациях.

Коэффициентом осесимметричности контактной площадки названо отношение действительной площади пятна контакта F_k к площади описанного круга $F_{o.k}$

$$\eta_{o.c} = F_k / F_{o.k}$$

или для эллиптического пятна контакта отношение полуосей эллипса

$$\eta_{o.c} = b/a \quad (b \leq a). \quad (1)$$

Для осесимметричной задачи вдавливания шарика в плоскость $\eta_{o.c} = 1$. Для плоской задачи, имеющей место, когда профильный радиус ролика $R_3 \rightarrow \infty$, $\eta_{o.c} \approx 0$, так как площадка контакта вырождается в полосу, площадь которой мала по сравнению с площадью описанного круга. Все остальные варианты укладываются в пределы $0 < \eta_{o.c} < 1$. Теория упругости дает возможность полностью рассчитать контактные площадки при сближении тел различной геометрии с учетом их упругих свойств и приложенной нагрузки. Наша задача состоит в том, чтобы определить коэффициент осесимметричности контактных площадок на стадии упругопластического сближения исходя из одной геометрии контактирующих тел.

Если принять во внимание, что процесс ППД происходит в области малых пластических деформаций и допустить отсутствие внеконтактной деформации, можно предложить значения a и b , входящие в (1), определять из геометрического пересечения жестких контуров обрабатываемой детали и инструмента.

На рис. 1 представлена в двух проекциях схема обкатки цилиндра торовым роликом или шаром, из которой следует, что при заданном сближении (глубине вдавливания) h

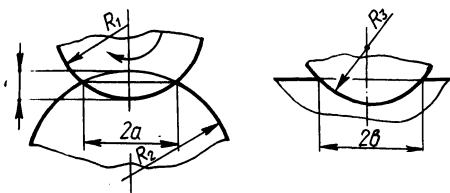


Рис. 1. Схема обкатывания цилиндра торовым роликом (шаром)

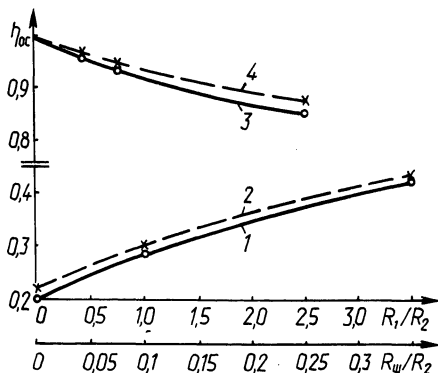


Рис. 2. Расчетные и экспериментальные зависимости коэффициента осесимметричности контактной площадки при вдавливании от геометрических параметров контактирующей пары

$$a = \sqrt{\left[h - \frac{2R_1 h - h^2}{2(R_1 + R_2 - h)} \right] \left[2R_1 - h + \frac{2R_1 h - h^2}{2(R_1 + R_2 - h)} \right]}; \quad (2)$$

$$b = \sqrt{h(2R_3 - h)}, \quad (3)$$

где R_1 – радиус тора, формирующий площадку $2a$; R_2 – радиус обкатываемого цилиндра; R_3 – профильный радиус тора.

При $R_1 = R_3 = R_{\text{ш}}$ и $R_2 = \infty$ (шар-плоскость) $a = b$; при сохранении $R_1 = R_3$ и уменьшении R_2 , т.е. при переходе от обрабатываемой шаром плоскости к цилиндру, большая a и малая b полуоси эллипса меняются местами относительно оси изделия и определяются a по формуле (3), b – по формуле (2).

Расчет показал, что в пределах сближений, характерных для ППД, значение $\eta_{0.c}$ практически не зависит от глубины вдавливания, максимальное его отклонение от среднего в этом диапазоне не превышает 6%. Таким образом, коэффициент осесимметричности контактной площадки при ППД, найденный по формулам (1)–(3) при задании h в достаточно узких пределах, можно считать вполне определенным для реальных сочетаний геометрических параметров контактирующих деталей и инструментов.

По приведенным формулам нами были рассчитаны коэффициенты осесимметричности контактных площадок при вдавливании торового ролика $R_1 = 30$ мм, $R_3 = 1,2$ мм и шарика $R_{\text{ш}} = 2,38$ мм в плоскость ($R_2 = \infty$) и поверхности цилиндров $R_2 = 60; 30; 9$ мм. Для этих же условий на стали 45 проведены эксперименты по вдавливанию ролика и шарика и измерению параметров контактных площадок.

На рис. 2 кривыми 1 и 3 показаны расчетные зависимости $\eta_{0.c}$ от R_1/R_2 ($R_3 = \text{const}$), причем кривая 1 – вдавливание тора, 3 – шара (нижняя шкала оси абсцисс). Экспериментальные кривые – соответственно 2 и 4. По-

лучены они при нагрузке на инструмент, равный 1800 Н. Из сравнения экспериментальных и расчетных кривых следует, что максимальное их расхождение не превышает 13 %.

Для отожженного титанового сплава ВТ-16 при том же усилии 1800 Н аналогичный расчет и эксперименты были проведены при вдавливании ролика $R_1 = 30$ мм в поверхность цилиндра $R_2 = 9$ мм. Изменился профильный радиус R_3 тора. Для $R_3 = 0,8$ мм получено расчетное значение $\eta_{o.c} = 0,378$, экспериментальное – 0,37; для $R_3 = 1,2$ мм – 0,416 и 0,377. Максимальное расхождение расчетных и экспериментальных данных, вычисленных по результатам шести измерений для каждой точки, равно ~ 10 %.

Таким образом, если проводить расчет режимов ППД, пользуясь схемой вдавливания, а такая возможность доказана нами при реализации результатов исследований в промышленности, предлагаемый метод расчета коэффициента осесимметричности пятна контакта при ППД является вполне приемлемым для практических расчетов.

При значительном увеличении усилия обкатывания (до 3000 Н для стали 45) отклонение экспериментальных данных от расчетных увеличивается. Это связано с наличием больших внеконтактных деформаций, что вносит значительные погрешности в измерения. Поскольку внеконтактные деформации, превышающие некоторый предел, в процессе ППД недопустимы, этот случай нами не анализируется.

УДК 621.7.011:669.2/8

Л.Н. ТЮРИН, канд.техн.наук,

Л.Е. ЧЕРНИГА,

А.В. СТЕПАНЕНКО (ФТИ АН БССР)

РАЦИОНАЛЬНЫЕ РЕЖИМЫ ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ АЛЮМИНИЕВОЙ БРОНЗЫ БрАЖ9-4

Медные сплавы, в частности бронзы, содержащие в качестве легирующих элементов алюминий, железо, марганец, никель, согласно существующей практике обработки давлением деформируются только в горячем состоянии. Наиболее характерным представителем этого класса бронз является бронза БрАЖ9-4. Горячую обработку ее рекомендуют производить в температурном интервале 800–900 °С [1,2].

Однако при горячей обработке алюминиевых бронз приходится сталкиваться с такими отрицательными явлениями, как окалинообразование, повышенная склонность к налипанию на инструмент. Это приводит к ухудшению качества поверхности получаемых изделий, к заштамповке окалины в тело поковок, увеличивает энергосиловые параметры деформирования, снижает стойкость штампового инструмента.

Нами уточнены температурные режимы деформирования и установлено их влияние на деформируемость и на изменение механических свойств алюминиевой бронзы БрАЖ9-4. С этой целью были выполнены эксперименты по выдав-