

пады температур и высокие напряжения не всегда являются критерием качества нагрева. В данном случае это может быть обусловлено тем, что при высоких температурах материала в IV зоне резко уменьшается предел прочности и, следовательно, даже незначительные интенсивности напряжений приводят к потере качества. Для того чтобы добиться качественного нагрева, необходимо во 2-й сварочной и томильной зонах понижать температуру печи, а максимальную интенсивность нагрева обеспечивать в предыдущих зонах. При этом в опасной зоне уменьшаются перепады температур и, следовательно, снижается интенсивность напряжения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Самарский А.А. Теория разнотных схем. — М., 1977.
2. Термопрочность деталей машин / Под ред. И.А. Биргера и Б.Ф. Шорра. — М., 1975.

УДК 621.787.4

Т.В.КАЛИНОВСКАЯ, канд. техн. наук,
Д.И. ДМИТРОВИЧ (ФТИ)

О ВЗАИМОСВЯЗИ ПАРАМЕТРОВ ПОВЕРХНОСТНОГО ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ РОЛИКОМ

В работе [1] показано, что правильное установление связи между физико-механическими и технологическими параметрами процесса поверхностного пластического деформирования (ППД) является залогом его научно обоснованной оптимизации, направленной на выбор режимов, обеспечивающих максимальный прирост долговечности упрочняемых ППД деталей. Эти связи, отражающие проявление принципов самоорганизации одновременно действующих законов упругого и пластического деформирования, получили вполне конкретную форму выражения. Так, ширина контактной площадки вдавливания в общем случае

$$b = A \rho \bar{\sigma}_n k n_1 n_2, \quad (1)$$

где ρ — приведенный радиус кривизны; \mathcal{V} — упругая постоянная пары индентор—деталь; $\bar{\sigma}_n$ — безразмерное нормальное напряжение на контакте; k — предел текучести на сдвиг; n_1 — коэффициент пластического приращения опорной площадки; n_2 — коэффициент приращения площадки за счет волны

$$\rho = \frac{1}{1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + 1/R_4}, \quad (2)$$

где R_1, R_2, R_3, R_4 — радиусы кривизны инструмента и детали в зоне контакта.

$$n_1 = \bar{\sigma}_n / \bar{\sigma}_{n1}, \quad (3)$$

где σ_{n1} — относительное предельное упругое напряжение вдавливания

$$n_2 = B + C\bar{\sigma}_n. \quad (4)$$

Коэффициенты A, B, C в формулах (1), (4) зависят от степени осесимметричности процесса (эллипсности контактной площадки η_{oc}). Поскольку больший размер контактной площадки a связан с меньшим b посредством коэффициента η_{oc} ($a = b/\eta_{oc}$), в общем случае усилие вдавливания

$$P = \pi ab\bar{\sigma}_n k = \pi(A\rho\bar{v}n_1 n_2)^2 \bar{\sigma}_n^3 k^3 / \eta_{oc}, \quad (5)$$

где $\bar{\sigma}_n k$ представляет среднее напряжение σ_{cp} .

Структура связей при качении ролика аналогична описанной выше.

Поскольку глубина деформированного при ППД поверхностного слоя упрочняемой детали прямо пропорциональна ширине контактной площадки, в случае необходимости ее уменьшения или увеличения можно идти по пути варьирования параметров ρ и $\bar{\sigma}_n$ (параметры \bar{v} и k , отражающие свойства материалов, предопределены маркой материала). В то же время приведенный радиус кривизны ρ , согласно (2), зависит от четырех радиусов, два из которых (R_2, R_4) заданы чертежом детали, а остальные, относящиеся к ролику (R_1 и R_3), могут варьироваться и по-разному влиять на зависимости (1) и (5).

Был проведен вычислительный эксперимент, отражающий роль упомянутых параметров. Рассматривался процесс качения торового ролика без подачи по цилиндрической детали при параметрах $R_1 = 28$ мм, $R_3 = 1,75$ мм (R_3 — профильный радиус ролика), $R_2 = 20$ мм, $R_4 = \infty$, $k_0 = 200$ МПа, $\bar{v} = 1,7 \times 10^{-5}$ МПа $^{-1}$. В расчете учитывалось упрочнение за проход ролика.

Варьировали радиус ролика, задавая $R_3 = 0,25 \dots 3$ мм через 0,25 мм, радиус $R_1 = 14 \dots 56$ мм при $\bar{\sigma}_n = 4$, а также безразмерное давление $\bar{\sigma}_n = 3,5 \dots 5$ через 0,5 при $R_1 = 28$ мм, $R_3 = 1,75$ мм. Варьируемые и расчетные параметры внесены в табл. 1 и 2.

Табл. 1. Влияние профильного радиуса R_3 на параметры $2b$ и P

R_3 , мм	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3
$2b$, мм	0,05	0,1	0,15	0,2	0,24	0,28	0,33	0,37	0,46	0,55
P , Н	10	27	50	71	97	125	153	187	258	336

Табл. 2. Влияние нормального напряжения $\bar{\sigma}_n$ на параметры $2b$ и P

$\bar{\sigma}_n$	3,5	3,75	4	4,25	4,5	4,75	5
$2b$, мм	0,23	0,28	0,33	0,39	0,46	0,54	0,63
P , Н	67	102	153	230	343	512	765

Для $R_1 = 14$ мм при $\bar{\sigma}_n = 4$, $R_3 = 1,75$ мм $2b = 0,32$ мм, $P = 133$ Н, для $R_1 = 56$ мм $2b = 0,35$ мм, $P = 170$ Н.

Как видно из таблиц, изменение профильного радиуса R_3 в несколько раз приводит к изменению ширины площадки $2b$ во столько же раз, изменение же радиуса ролика в плоскости качения практически не влияет на этот параметр.

На усилие обкатки рассмотренные параметры воздействуют согласно уравнению (3). Поскольку влияние на усилие обкатки P профильного радиуса R_3 (через ρ) проявляется в квадратичной зависимости, а $\bar{\sigma}_n$ — в кубической, их несложно разделить и по измеренной ширине полос качения, полученных при соответствующем усилии обкатки, проверить правильность расчета. Такие проверочные эксперименты проводились на сплаве Д1 и показали хорошую сходимость с расчетом (отклонение не более 5...6 %).

Объективная оценка роли упомянутых параметров в формировании площадки контакта, накоплении деформаций и упрочнении, а также в создании эпюры остаточных напряжений, влияние на которую параметра $\bar{\sigma}_n$ является решающим, позволяет подойти к оптимизации процесса ППД с позиции заданной цели (долговечность детали, оптимальная глубина наклепанного слоя, величина и знак остаточных напряжений в приповерхностном слое и т.п.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теоретические основы процессов в поверхностного пластического деформирования / Е.М. Макушок и др. — Мн., 1988.

УДК 621.77.04

Г.В. АНДРЕЕВ, В.В. ХАРЧЕНКО (ФТИ),
В.Е. КИСЕЛЕВ (РостНИИТМ, Ростов), кандидаты техн. наук,
В.М. СМЛЛЕР (Комбайновый з-д, Таганрог)

РАДИАЛЬНАЯ КАЛИБРОВКА СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ УПРУГОДЕФОРМИРУЕМЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

В последние десятилетия широкое распространение на предприятиях отечественной и зарубежной промышленности нашли методы изготовления изделий пластическим формообразованием. Однако до настоящего времени преобладающая часть получаемых деталей требует дополнительной обработки из-за неудовлетворительных точностных параметров, например при получении зубчатых колес. Такое положение обусловлено ограниченным использованием методов холодного пластического формообразования при деформациях, превышающих упругие, как правило, на два и более порядков, и необходимостью применения методов горячей обработки.

В связи с этим все больше используются многопереходные процессы деформирования. Одним из них является технологический процесс, включающий горячее деформирование изделия и последующую холодную его калибровку. Подобная технология, внедренная на ПО "Ижсталь" для изготовления матриц и волок, позволила получить годовой экономической эффект более