

гидродинамического режима, значительно превосходит качество изделий, полученных по схеме [2]. В последнем случае велика вероятность возникновения трещин и неравномерного распределения плотности (до 5–12 %) по длине прессовки, являющихся результатом контактного трения. В то же время при уплотнении изделий в режиме гидродинамики и жидкостного трения возможно получение более высокоплотных (на 20–40 %) пористых труб с равномерно распределенной плотностью по длине.

Таким образом, предлагаемый способ прессования порошков объединяет в себе все преимущества методов последовательного и гидростатического уплотнения порошковых материалов, прост в эксплуатации и позволяет получать изделия с широким диапазоном размеров и плотностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.с. 1068227 (СССР). Способ прессования трубчатых изделий из порошков и устройство для его осуществления / А.В.Степаненко, А.С.Богинский, Л.Е.Реут, О.П.Реут.
2. А.с. 859031 (СССР). Устройство для прессования изделий из порошков / А.В.Степаненко, Л.С.Богинский, Л.Е.Реут.
3. Исаченков Е.И. Контактное трение и смазки. — М., 1978.— 207 с.

УДК 621.787.4

Д.И.ДМИТРОВИЧ, Т.В.КАЛИНОВСКАЯ

О КРИТЕРИЯХ САМООРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПОВЕРХНОСТНОГО ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

Поверхностное пластическое деформирование (ППД) является упруго-пластическим процессом. Его анализ только с позиции теории идеальной пластичности не дает результатов, поскольку при ППД упругая деформация соизмерима с пластической, а соотношение между ними зависит от среднего напряжения на контактной площадке, формирующейся в процессе вдавливания инструмента (ролика, шарика) в обрабатываемый материал. При переходе к качению основные закономерности сохраняются. Рассмотрение данного процесса в развитии, от нулевого напряжения на контактной площадке до среднего, соответствующего пластической задаче, показало, что выбранный диапазон напряжений включает три реперные точки. В них имеют место аналитические решения. Первая точка — это граница чисто упругой области нагружения, в пределах которой размеры контактной площадки и усилие деформирования зависят от среднего напряжения и определяются теорией упругости. В этой реперной точке среднее напряжение зависит от принятых допущений о распределении напряжений и колеблется от $2k$ до $2,6k$ (k — предел текучести на сдвиг). Во второй точке имеет место предпластическое состояние ($\sigma_{\text{ср}} = \pi k$). Третья — граница между упруго-пластической и пластической областями нагружения ($\sigma_{\text{ср}} = 5,14k$ — для плоской задачи, $\sigma_{\text{ср}} = 5,68k$ — для осесимметричной при плоском пуансоне, $\sigma_{\text{ср}} = 5,35k$ — при сферическом). В области

пластичности, как известно, прекращается рост средних напряжений ($k = \text{const}$ — для идеально пластической модели), некоторое их изменение связано лишь с упрочнением-разупрочнением. Основное приращение площади контакта в этой области связано лишь с увеличением усилия деформирования.

В упруго-пластической области нагружения (область ППД) на псевдоупругую площадку, рост которой регламентируется упругой задачей Герца, накладывается приращение за счет пластического расширения опорной площадки и за счет волны. Классическая теория упругости, равно как и пластичности, не дает ответа на вопросы, как формируется упруго-пластическая площадка, какие количественные связи заложены в соотношении полной и псевдоупругой площадок и т.п.

В результате детального анализа напряженно-деформированного состояния в процессе ППД было показано, что этот процесс самоорганизующийся, т.е. подчиняется каким-то вполне определенным законам. Впервые был выявлен критерий самоорганизации формирования контактной площадки при вдавливании и качении ролика (шарика) по детали любой кривизны. Этим критерием является отношение полных и предельно упругих эпюр на любой стадии упруго-пластического нагружения, т.е. при $\bar{\sigma}_n = 2 \dots (\pi + 2)$. Таким образом, контактная площадка состоит из псевдоупругого ядра, пластического расширения опорной поверхности, которое зависит от упомянутого критерия и, следовательно, от $\bar{\sigma}_n$, а также приращения за счет волны. Причем отношение полного смещенного объема, ограничиваемого пересекающимися жесткими контурами детали и инструмента, к пластическому, вытесняемому из-под контакта, также регулируется этим критерием. При таком подходе определение контактной площадки вдавливания или качения упруго-пластической области нагружения оказывается чрезвычайно простым, не требует применения сложного математического аппарата и дает весьма точные результаты, подтверждаемые экспериментом.

Вторым критерием самоорганизации процесса ППД можно считать коэффициент осесимметричности (эллипсности) контактной площадки $\eta_{\text{ос}}$, который определяется по пересечению жестких (недеформированных) контуров инструмента и детали. Использование этого критерия позволяет перейти от тривиальных задач (плоской и осесимметричной) к трехмерной, в которой фигурируют все четыре кривизны контактирующих тел, определить площадку вдавливания, затем качения, учитывая ее трансформацию, и в конечном счете перейти к расчету усилий, накопленной деформации, глубины наклепанного слоя и других параметров, оптимальное сочетание которых приводит к существенному улучшению эксплуатационных свойств обработанного изделия, т.е. делает этот процесс эффективным.