



УДК 621.787.4

В.А. Голенков, С.Ю. Радченко, Д.О. Дорохов (Орловский государственный технический университет)

Формирование градиентных субмикро- и наноструктурных состояний комплексным локальным нагружением очага деформации

Приведен анализ основных способов получения металлических изделий с субмикро- и наноструктурными состояниями материала. Рассмотрены основные достоинства и недостатки. Показана возможность применения метода валковой штамповки, основанного на комплексном локальном нагружении очага деформации, для получения полых осесимметричных изделий с градиентной от наружной или внутренней поверхности субмикро- и наноструктурой.

Ключевые слова: полые осесимметричные изделия, градиентное наноструктурное состояние материала, валковая штамповка, комплексное локальное нагружение очага деформации, пластическая деформация.

In the paper the analysis of main production techniques for metal fabrics with submicro- and nanostructural states of material is shown. Main merits and demerits are considered. The possibility of roller stamping application based on complex local loading of a deformation point for production of hollow axially symmetric products with the submicro- and nanostructure gradient from an outer or inner surface is shown.

Keywords: hollow axially symmetric products, gradient nanostructural state of material, roller stamping, complex local loading of a deformation point, plastic deformation.

Одним из наиболее перспективных и практически ценных направлений применения нанотехнологий является получение полуфабрикатов из металлических материалов, макроструктура которых доведена до такого уровня, что ее составляющие — зерна — имеют один или более линейных размеров порядка нескольких сотен или даже десятков нанометров. Такие материалы обладают новым качественным уровнем механических свойств, недостижимым традиционными методами пластической, термической и химико-термической обработки: при сохранении сопоставимого резерва пластичности и вязкости прочностные характеристики увеличиваются в несколько раз по сравнению с исходным образцом. Очевидно, что изделия из подобных материалов могли бы найти широкое применение, прежде всего, в космической и авиационной технике, а при условии существенного снижения себестоимости — в автомобилестроении, машиностроении, приборостроении, радиоэлектронике и др.

В настоящее время широко применяют несколько технологий получения заготовок с наноструктурными состояниями материала. Одна из них — так называемое *равноканальное угловое* (РКУ) прессование [1] — обеспечивает получение металлических заготовок цилиндрической формы с диаметром до 60 мм и высотой до 100 мм с однородной по объему относительно равноосной макроструктурой с размерами зерен до 100...300 нм.

Другая технология известна как "наковальня Бриджмана" [2]. Суть процесса заключается в осадке цилиндрической заготовки с одновременным скручиванием вокруг вертикальной оси. В результате получается изделие также цилиндрической формы, но с малым отношением высоты к диаметру.

Существуют и другие технологии получения наноструктурированных заготовок, основанные на различных видах обработки давлением, например винтовая экструзия [3]. Все перечисленные способы имеют в основе один и тот же принцип — достижение измельчения зерен посредством больших (сотни процентов) накопленных степеней деформации без существенного общего формоизменения и, естественно, без разрушения в условиях значительного гидростатического сжатия.

Все технологии успешно апробированы и работают, однако по своей природе не свободны от ряда недостатков.

1. Высокая стоимость готового изделия, что обусловлено рядом причин. Во-первых, значительные суммарные затраты энергии на совершение операции. Так, РКУ-прессование осуществляется при напряжениях в заготовке, многократно превышающих предел текучести. А если учесть, что для достижения заданных размеров зерна необходимо до 15 и более циклов, то и энергозатраты увеличиваются соответственно. Во-вторых, себестои-