

ЭВОЛЮЦИЯ ФИЗИЧЕСКИХ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРИ СВОБОДНОМ ДОРНОВАНИИ ПОРОШКОВОЙ ЗАГОТОВКИ

Рябичева Л.А., Белозир И.И.

Луганский государственный университет имени Владимира Даля, Луганск, Россия

Ключевые слова: дорнование, порошковая полая заготовки, микроструктура, начальная пористость, относительная плотность, микротвердость, степень толстостенности, отжиг.

Аннотация. В статье рассматривается связь микроструктуры, полученной после свободного дорнования порошковой полой заготовки, с физическими и механическими свойствами. Исследуются изменения относительной плотности и микротвердости. Показано, что в результате дорнования образуется внутренняя мелкозернистая поверхность порошковой полой заготовки, толщина и плотность которой зависит от исходной пористости. На основе выполненных исследований автор показал, что, чем выше исходная пористость, тем ниже относительная плотность внутренней поверхности отверстия. Более высокая относительная плотность создает упрочнение внутренней поверхности и приводит к росту микротвердости.

EVOLUTION OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES DURING FREE BURNISHING OF A POWDER BILLET

Ryabicheva L.A., Belozir I.I.

Vladimir Dahl Lugansk State University, Lugansk, Russia

Keywords: mandrel, powder hollow billet, microstructure, initial porosity, relative density, microhardness, degree of thick-walled, annealing.

Abstract. The article considers the relationship of the microstructure obtained after free burnishing of a powder hollow billet with physical and mechanical properties. Changes in relative density and microhardness are investigated. It is shown that as a result of burnishing formation, an internal fine-grained surface of a powder hollow billet is formed, the thickness and density of which depends on the initial porosity. Based on the studies performed, the author showed that the higher the initial porosity, the lower the relative density of the inner surface of the hole. A higher relative density creates a hardening of the inner surface and leads to an increase in microhardness.

Способы поверхностного пластического деформирования деталей машин типа тел вращения предназначены для повышения прочностных свойств и улучшения качества поверхности деталей [1]. К таким способам относится дорнование, увеличивающее долговечность деталей в 1,5-2 раза [2, 3].

Целью данной работы является экспериментальное исследование изменения физических и механических свойств при свободном дорновании порошковых полых заготовок в зависимости от структуры поверхностного слоя заготовки.

Свободному дорнованию подвергали порошковые полые образцы с исходной пористостью 6%, 15 %, 24%, выполненные из смеси медного порошка марки ПМС-1 и порошка титана марки ВТ-1-0 (6%). Внутренний

диаметр образца составлял 9,8 мм, высота 20 мм. Степень толстостенности: D_0/d_0 1,63; 2,24; 2,86; 4,08. Свободное дорнование осуществляли по схеме сжатия. Спекание производили в среде генераторного газа.

На рисунке 1, а показана микроструктура образцов с исходной пористостью 6% после спекания. В структуре присутствуют частицы титана, имеющие средний размер 52 мкм при массовой доле легирующего компонента 6%, в то время как исходный размер частиц порошка титана BT1-0 составляет 60 мкм. После дорнования происходит уменьшение размера зерна меди и частиц титана и вытягивание их по направлению перемещения дорна (рис. 1, б). Видны вытянутые деформированные зерна меди, форма которых отличается от равноосных, формирующихся в процессе спекания. В порошковых образцах наличие фазы пор оказывает влияние на формирование микроструктуры в зоне пластической деформации. Рост исходной пористости от 6% до 24% не приводит к изменению характера зависимости среднестатистического диаметра зерна меди от степени деформации при дорновании, но обеспечивает количественные изменения. При исходной пористости 15% формируется более мелкое зерно меди и уменьшение размера частиц титана. Увеличение числа пор сообщает избыточную свободную энергию образцу за счет развитых свободных поверхностей в виде границ пор.

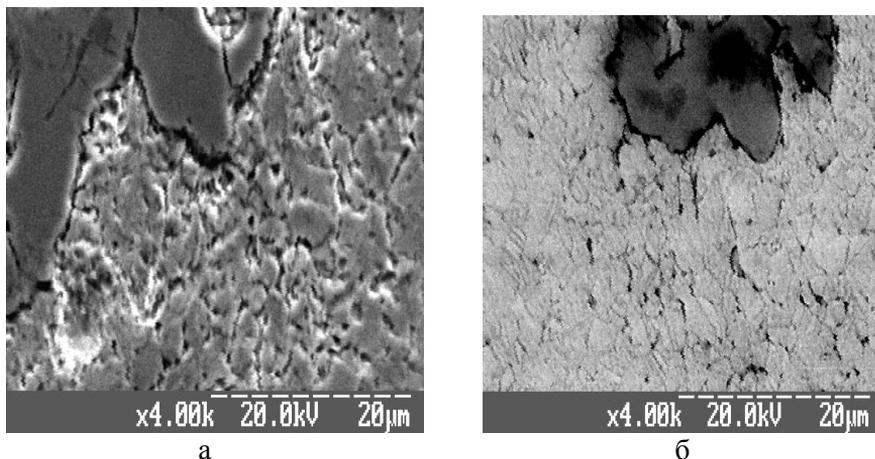


Рис. 1. Микроструктура после спекания – а; после дорнования – б

В результате изменения микроструктуры поверхностного слоя образца при дорновании происходит изменение физических и механических свойств порошкового материала.

Относительная плотность на внутренней поверхности по высоте полого образца после спекания характеризуется равномерностью (рис. 2, а). Наибольшая плотность и равномерность реализуется при дорновании полого образца с исходной пористостью материала 6%. По толщине стенки она достигает 0,98 на внутренней поверхности (рис. 2, б). Для образцов с исходной пористостью 15% и 24% получаемая относительная плотность значительно ниже и изменяется в более широких пределах.

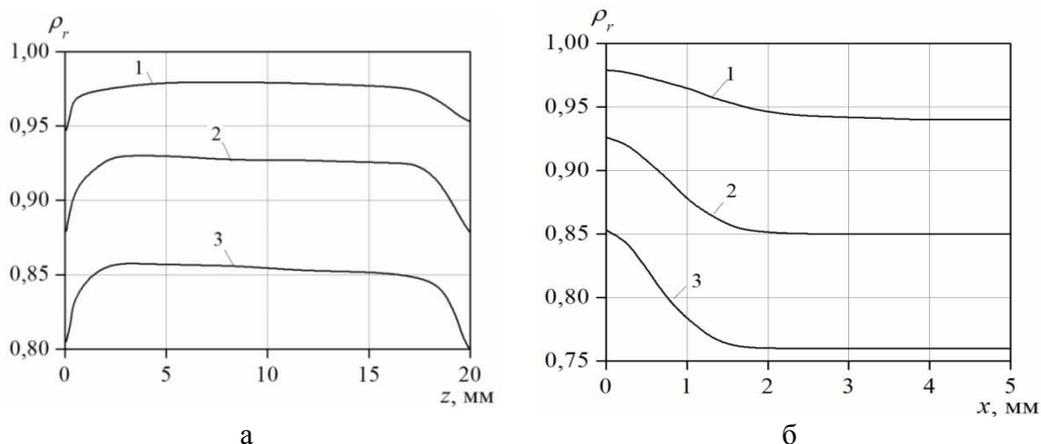


Рис. 2. Зависимость относительной плотности по высоте: а – по толщине стенки; б – на внутренней поверхности образца с исходной пористостью: 1 – 6%; 2 – 15%; 3 – 24%

Деформационное упрочнение внутренней поверхности порошковой заготовки изучали методом измерения микротвердости на образцах, полученных дорнованием пористых заготовок с исходной пористостью 6, 15, 24%, с относительным натягом 0,02 дорном диаметром 10 мм, углом заборного конуса 4°. На первом этапе микротвердость определяли непосредственно после дорнования отверстия, на втором – после отжига по режиму: нагрев до температуры 500-550°C, выдержка, охлаждение на воздухе.

На рисунке 3, а показана зависимость микротвердости по внутренней поверхности отверстий при различной исходной пористости образцов. Каждая точка на графиках представляет собой среднее арифметическое не менее десяти измерений. С увеличением пористости образцов величина микротвердости уменьшается вследствие наличия остаточной пористости. При этом упрочнение охватывает толщину поверхностного слоя в пределах 1,6 мм при пористости 24% и 2 мм при пористости 6%.

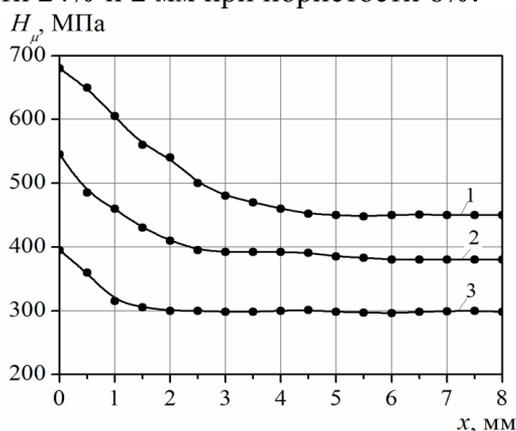


Рис. 3. Зависимость микротвердости по толщине стенки от степени толстостенности при исходной пористости: 1 – 6%; 2 – 15%; 3 – 24%

С повышением степени толстостенности наблюдается увеличение микротвердости упрочненного слоя, что связано с ростом контактных давлений и гидростатического сжатия [4].

Отжиг влияет на микроструктуру. Он приводит к незначительному увеличению зерна как в наружных слоях, так и внутренних слоях отверстия. В результате твердость по Бринеллю и микротвердость несколько уменьшаются. Твердость по Бринеллю на внутренних слоях отверстия составила в среднем 92-98НВ, на внешних слоях образца – 83-85НВ.

Таким образом, рост относительной плотности порошковой заготовки при свободном дорновании зависит от его исходной пористости. Чем меньше исходная пористость, тем больше относительная плотность на внутренней поверхности полой заготовки и достигает 0,98.

Микротвердость и толщина упрочненного слоя также зависит от исходной пористости и степени толстостенности. С увеличением исходной пористости образцов величина микротвердости уменьшается и уменьшается толщина упрочненного слоя. С повышением степени толстостенности наблюдается увеличение микротвердости и толщины упрочненного слоя.

Список литературы

1. Проскуряков Ю.Г. Дорнование отверстий. – М.: Машгиз, 1961. – 190 с.
2. Скворцов В.Ф., Арляпов А.Ю. Дорнование глубоких отверстий малого диаметра. – Томск: ТПУ, 2005. – 92 с.
3. Одинцов Л.Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием: справочник. – М.: Машиностроение, 1987. – 328 с.
4. Воронцов А.Л. Исследование процесса дорнования отверстий // Кузнечно-штамповочное производство. – 2010. – №10. – С. 3-8.

References

1. Proskuryakov Yu.G. Burnishing holes. – M.: Mashgiz, 1961. – 192 p.
2. Skvortsov V.F., Arlyapov A.Yu. Burnishing of deep holes of small diameter. – Tomsk: Publ. house of TPU, 2005. – 92 p.
3. Odintsov L.G. Hardening and finishing of parts by surface plastic deformation: handbook. – M.: Mechanical engineering, 1987. – 328 p.
4. Vorontsov A.L. Investigation of the process of burnishing holes // Forging and stamping production. 2010, no. 10, pp. 3-8.

Рябичева Людмила Александровна – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой	Ryabicheva Lyudmila Aleksandrovna – doctor of technical sciences, professor, head of the department
Белозир Ирина Ивановна – ассистент	Belozir Irina Ivanovna – assistant
ryabic80@mail.ru	

Received 23.04.2023