

УДК 620.172/.178.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ НА ТВЁРДОСТЬ, ДЕФОРМИРУЕМОСТЬ И МИКРОСТРУКТУРУ В ОБРАЗЦАХ ИЗ СПЛАВОВ ВТ6, ПОЛУЧЕННЫХ СЕЛЕКТИВНЫМ ЛАЗЕРНЫМ СПЕКАНИЕМ

Галкина Н. В., Балякин А. В., Носова Е. А., Хаймович А. И.

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С. П. Королёва, г. Самара

Аддитивные технологии стали популярны в современном машиностроении. Это связано с тем, что конечные изделия сложной формы могут быть получены путем последовательного добавления слоя материала [1]. Благодаря возможности создания сложных по форме функциональных деталей, оно находит все более широкое применение для изготовления деталей в различных областях машиностроения, в том числе в авиационной промышленности [2-3]. В конструкции двигателя широко применяют титановые сплавы [4-7]. Целью данной работы было установить прочностные и пластические свойства спеченных заготовок в сравнении с традиционными применяемыми полуфабрикатами из сплава ВТ6, а также объяснить результат с помощью исследования структуры методами оптической металлографии.

Образцы размером 2x10x30 мм были выращены из материала ВТ6 с помощью селективного лазерного спекания. После спекания образцы подвергались отжигу в течение одного часа при температуре 750 °С и 850 °С. После того, как была проведена термообработка, образцы испытывали деформацию на изгиб в инструментальном штампе с углом при вершине 90° и радиусом скругления 10 мм [8]. Для получения показателя деформируемости были измерены размеры гнутых образцов, а именно высота криволинейного равнобедренного треугольника по внешней и внутренней стороне и длина нейтрального слоя. Деформируемость оценивали по формуле:

$$d = \frac{H_{\text{сред}}}{l_H}, \quad (1)$$

где $H_{\text{сред}}$ - средняя высота криволинейного равнобедренного треугольника;

l_H - длина нейтрального слоя.

Далее из полученных образцов изготавливали микрошлифы. Травление образцов проводили концентрированной плавиковой кислотой HF в течение 5 секунд, промывали в проточной воде. После травления микроструктура изучалась на металлографическом инструментальном микроскопе МЕТАМ ЛВ-32.

Для каждого образца измеряли твердость боковой поверхности по Роквеллу алмазным наконечником.

В результате измерений, твердость сплава ВТ6 после неполного отжига при температуре 750°С в течение часа остаётся довольно высокой, но после полного отжига при температуре 850°С твердость снижается с 32...33 HRC до 24...26HRC, что составляет примерно 30%. Пруток из сплава ВТ6 после отжига, согласно нормативным документам, должен иметь твердость 26..41HRC. Эти значения показывают, что спеченные образцы находятся примерно в середине регламентированных показателей, а отожженные образцы имеют твердость, соответствующую нижней границе значений, указанных в стандартах.

По результатам измерения высот криволинейного равнобедренного треугольника был рассчитан коэффициент деформируемости для каждого образца. В завершении расчетов было получено, что деформируемость сплава ВТ6 после отжига увеличивается по сравнению с исходным спеченным состоянием. При таких значениях

деформируемости степень деформации наружного слоя гнутых образцов должна составлять 0,4...1,25%. Эти значения на порядок ниже относительного удлинения, указанного в ГОСТ для горячекатаных прутков из сплава ВТ6, которое должно составлять 8...12%.

Микроструктуры спеченных образцов представлены на рисунке 1.

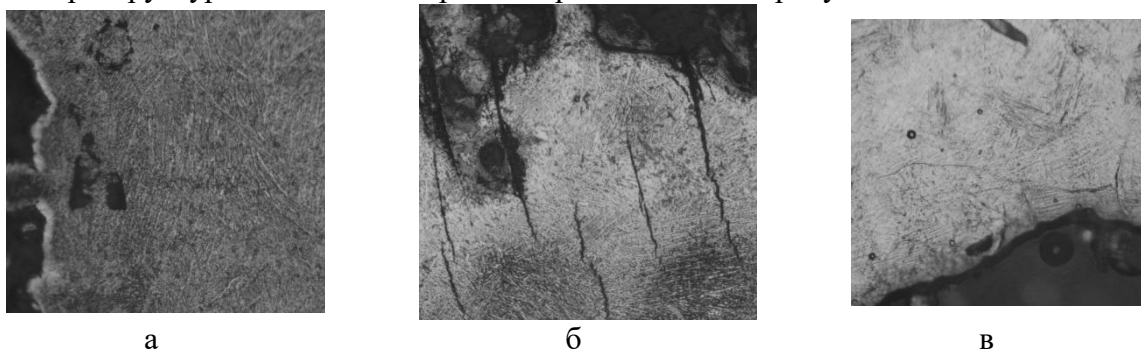


Рис. 1. Микроструктура титанового сплава ВТ6: а) спеченного образца; б) отожженного образца при 750°C; в) отожженного образца при 850°C

Выводы:

1. Образцы, спеченные из сплава ВТ6, показали повышенные значения твердости по сравнению с деформированными стандартными прутками. Отжиг при 850 °С ведет к снижению твердости, приближаясь к кованому состоянию.
2. Деформируемость образцов спеченных из сплава ВТ6, имеет максимальные значения после неполного отжига.

Библиографический список

1. I. Gibson, D. W. Rosen, B. Stucker Additive Manufacturing Technologies, Springer (2010)
2. Smelov V. G., Sotov A. V. and Agapovichev A. V. (2016) Research on the possibility of restoring blades while repairing gas turbine engines parts by selective laser melting 2016, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, vol. 140, pp. 1-7
3. Smelov V G, Sotov A V and Agapovichev A V 2016 Recovery Technology Features of Aerospace Parts by Layering Synthesis J. Key Engineering Materials 684 316-22
4. D. Holec, D. Legut, L. Isaeva, P. Souvatzis, H. Clemens, S. Mayer Interplay between effect of Mo and chemical disorder on the stability of β/β_0 -TiAl phase Intermetallics, 61 (2015), pp. 85–90
5. R. Pflumm, S. Friedle, M. Schütze Oxidation protection of γ -TiAl-based alloys- A review Intermetallics, 56 (2015), pp. 1–14
6. T. Shanmugasundaram, J. Guyon, J.P. Monchoux, A. Hazotte, E. Bouzy On grain refinement of a γ -TiAl alloy using cryo-milling followed by spark plasma sintering Intermetallics, 66 (2015), pp. 141–148
1. X. Meng, W. Cai, F. Chen, L. Zhao Effect of aging on martensitic transformation and microstructure in Ni-rich TiNiHf shape memory alloy Scr. Mater., 54 (2006), pp. 1599–1604
2. A V Balaykin, E A Nosova, N V Galkina Research of Residual Stress After Deformation and Annealing of a Titanium Alloy Ti-5Al-5Mo-5V-1Cr-1Fe Billets IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 142 (2016) 012078