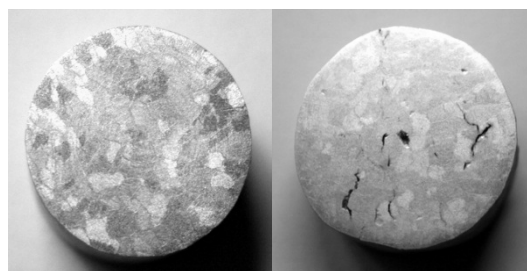


ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАГНИЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ ИНТЕНСИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ*

В настоящее время во многих отраслях промышленности ведется борьба с излишним весом машин и механизмов. Для решения этой проблемы используются изделия из сплавов магния, поскольку этот металл имеет малую плотность и высокую удельную прочность.

Основным недостатком магния и его сплавов является их малая пластичность: к примеру, пластичность литого магния при комнатной температуре составляет не более 8 % (рис. 1).



a

б

Рис. 1. Литой магний: *a* – в исходном состоянии;
б – после деформации осадкой на 8 %

Этим обусловлено применение многостадийных механотермических обработок, что сопряжено с большими материальными затратами.

Основная цель проделанной работы заключалась в изучении возможности изменения механических свойств магния после существенного измельчения его зеренной структуры при помощи интенсивной пластической деформации (ИПД). Как известно, металлы и сплавы, подвергнутые таким воздействиям, приобретают гомогенную микроструктуру с повышенными физико-механическими свойствами. Способ изменения функциональных свойств материалов путем значительной фрагментации структурных элементов (вплоть до

* Работа выполнена при финансовой поддержке Уральского отделения РАН: проекты № 12-У-2-1007 и № 12-2-023-РЦ.

наноуровня) представляет особый интерес для многих практических приложений. Большинство методик подобного наноструктурирования применяется к образцам небольших размеров, так тонкие фольги деформируются кручением в наковальнях Бриджмена, а для деформации массивных образцов используют равноканальное угловое прессование.

Настоящее исследование было ориентировано на практическое применение, поэтому все эксперименты проводились на массивных магниевых образцах. Интенсивные внешние воздействия в работе осуществлялись тремя методиками: осадка в металлических обоймах, канальное угловое прессование и гидроэкструзия.

Фактически, эксперименты по осадке в металлических обоймах массивных магниевых образцов являются продолжением работ, проведенных в 50-е гг. в Институте металлургии РАН. В ходе этих экспериментов магниевый сплав деформировался при температуре 400 °С. В нашей работе деформации подвергался чистый магний при комнатной температуре.

Использование медной обоймы снизило вероятность возникновения трещин в процессе осадки образцов при комнатной температуре, в результате чего удалось деформировать образцы на 60÷70 % без видимых разрушений. Микроструктура магния в исходном состоянии состоит из зерен размером около 3 мм (рис. 1, *а*), после осадки в обоймах средний размер зерна уменьшился до 10 мкм (рис. 1, *б*).

В качестве второй методики ИПД применялся разработанный нами вариант канального углового прессования. С помощью этой технологии была получена магниевая лента толщиной около 1 мм. Средний размер зерна после такого интенсивного воздействия составляет 4 мкм (рис. 2, *а*).

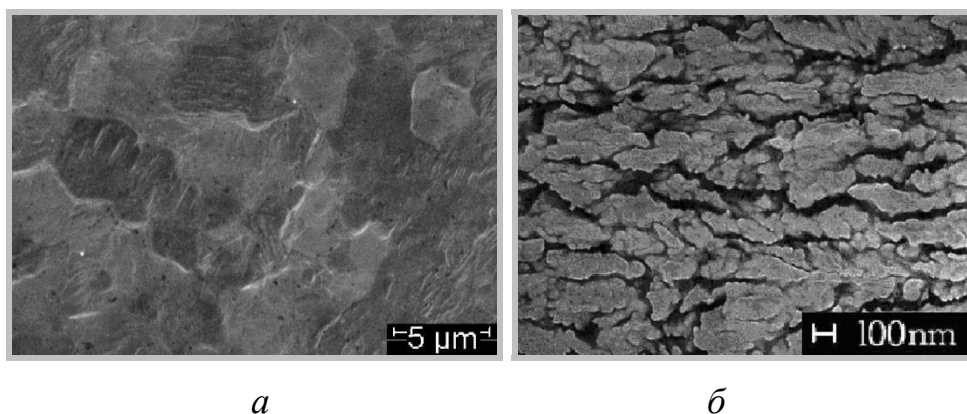


Рис. 2. Микроструктура ленты: *а* – полученной канальным угловым прессованием; *б* – прутка после гидроэкструзии на 92 %

В ходе экспериментов было обнаружено, что полученная лента может быть продеформирована прокаткой при комнатной температуре на очень высокие степени, без промежуточных отжигов. В результате была

изготовлена магниевая фольга толщиной 35 мкм. Полученная структура характеризуется высокой плотностью дислокаций на фоне чистых рекристаллизованных зерен размером около 2 мкм. Особенностью микроструктуры тонкой магниевой фольги является полное отсутствие двойников.

Еще одной методикой деформации, использованной в данной работе, являлась гидроэкструзия. При помощи гидроэкструзии из образцов цилиндрической формы диаметром 18 мм были получены магниевые стрежни различных диаметров (вплоть до 1,95 мм). Максимально достигнутая степень деформации образцов составляла 98,8 %. После ИПД магния методом гидроэкструзии в образцах диаметром 5 мм наблюдалась волокнистая структура с размером волокон в поперечном сечении около 0,2 мкм (рис. 2, б).

Проводились механические испытания на растяжение проволоочных образцов, полученных экструзией и волочением. Образцы исследовались как в исходном состоянии, так и после рекристаллизационных отжигов. Отжиги проводились по шесть часов при температурах 100÷450 °С.

Результаты испытаний представлены на рис. 3, и они свидетельствуют о том, что при отжиге до температуры 300 °С предел текучести экструдированных образцов ниже предела текучести полученных волочением, а пластичность образцов после гидроэкструзии выше. Механические свойства при отжиге в интервале 300÷450 °С близки по значению вне зависимости от способа деформации.

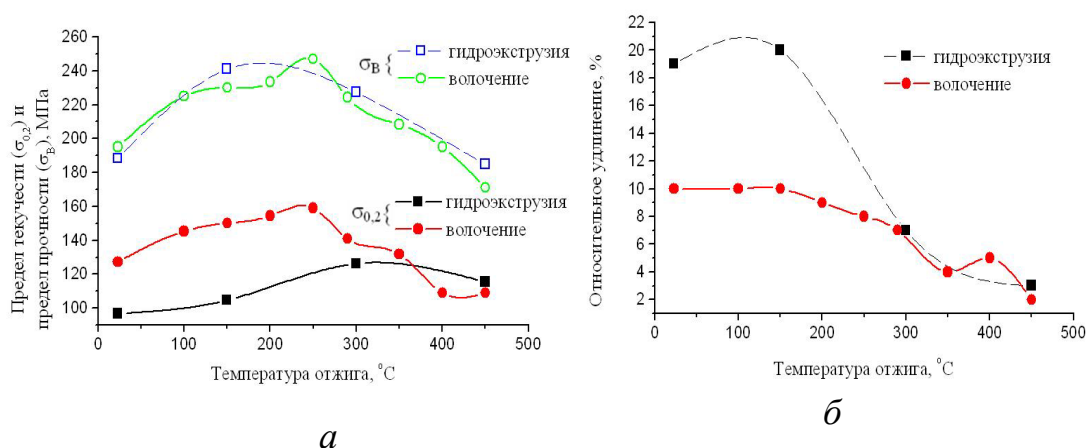


Рис. 3. Графики зависимости от температуры отжига образцов:
а – предела текучести и предела прочности; б – пластичности

Интервал значений микротвердости для литого состояния составил 220÷3600 МПа, что свидетельствует о наличии в материале сильной анизотропии. Микротвердость экструдированного прутка сильно зависит от направления измерения. На торце прутка она составляет 300÷340 МПа, а в плоскости, параллельной направлению деформации (продольное сечение прутка), находится в пределах 250÷4770 МПа. Это объясняется

возникновением в прутке радиально-тангенциальной текстуры: при снятии рентгенограмм с торца образца, экструдированного при комнатной температуре, не наблюдалось отражений от базисных плоскостей. Такие отражения появляются только при съемке образцов, продеформированных при повышенной температуре, – 150 °С.

Таким образом, исследованные нами способы ИПД позволили существенно измельчить зеренную структуру массивных магниевых образцов и тем самым оптимизировать их механические свойства, в частности, значительно повысить пластичность.