

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ МИКРОСТРУКТУРЫ И МЕХАНИЗМА ПОВЫШЕНИЯ ПЛАСТИЧНОСТИ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ПРИ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

Покровский А.И.

Физико-технический институт НАН Беларуси,
г. Минск, Беларусь

Введение. В настоящее время в среде обработчиков металлов давлением активно ведутся дискуссии о том, при какой скорости деформации наиболее эффективно протекание пластической деформации листовых металлов. Классической «медленной» (квазистатической) технологии прессования на гидравлических прессах противостоит импульсная (динамическая) технология с использованием скорости деформации в пределах от 10^3 с^{-1} до 10^4 с^{-1} . Ее примером является гидроударная штамповка, разработанная в ФТИ НАН Беларуси с использованием промежуточных сред в виде станочной эмульсии или полиуретана.

Цель работы - сравнительные исследования деформируемости при различных скоростях пластической деформации (медленной и быстрой) на примере одного и того же листового сплава, предельной деформируемости до разрушения при квазистатической и динамической деформации, повышение технологической пластичности, а также исследования особенностей эволюции микроструктуры в каждом из случаев.

Объект исследования – титановый сплав марки TC4 (полный аналог сплавов VT6c и европейского Ti-6Al-4V) в виде листа, его поведение при штамповке в холодном состоянии.

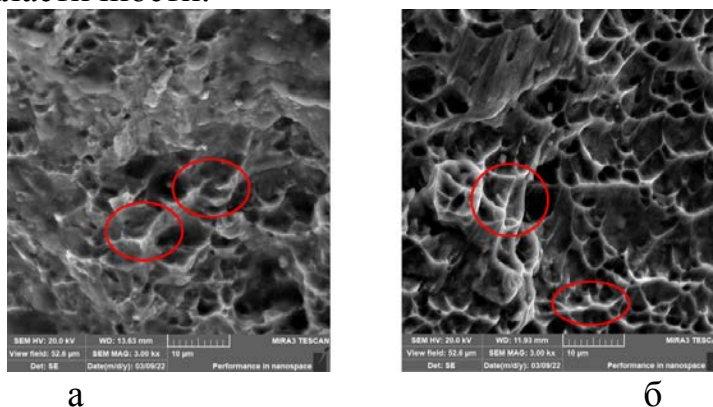
Результаты. Исследован фазовый состав и микроструктура, изучена технологическая пластичность сплава при квазистатической и динамической деформации (гидроударная штамповка) и определены предельные условия деформации до разрушения.

Установлено, что предельная деформируемость сплава Ti-6Al-4V при гидроударном нагружении, определенная как максимальная высота формовки, увеличивается в 1,875 раза по сравнению с квазистатической (медленной) деформацией.

Показано, что при высокоскоростном нагружении из-за более однородной деформации исчезает текстура, присутствующая в исходном листовом материале.

Определен механизм разрушения титанового сплава: при квазистатической деформации имеет место вязкое транскристаллитное разрушение с отдельными участками вязкого межкристаллитного излома, а при динамической деформации наблюдается только вязкий

транскристаллитный излом, что свидетельствует о повышении технологической пластичности.



а – квазистатический режим, б – динамический режим
Рис. 1 - Поверхности излома (СЭМ) титанового сплава при разных режимах деформации, x3000

Показано, что при динамической деформации со скоростью $\approx 3800 \text{ c}^{-1}$ наряду с дислокационным механизмом имеет место двойникование.

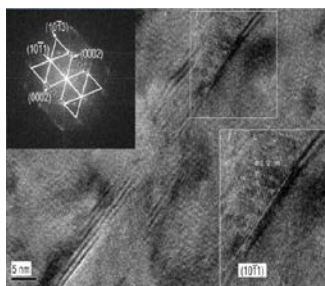


Рис. 2. - Микродвойниковая структура сплава Ti-6Al-4V после динамической деформации (просвечивающая электронная микроскопия)

Определен механизм пластической деформации титанового сплава при высоких скоростях деформации ($\approx 3800 \text{ c}^{-1}$). Он заключается в том, что наряду со скольжением дислокаций развивается двойникование, и происходит деформация как зерен α -фазы, так и зерен β -фазы, в то время как в квазистатическом режиме в основном деформируется только α -фаза.

Впервые определены возможные причины повышения технологической деформируемости (в 1,8 раза) сплава при динамическом нагружении в процессе гидроударной штамповки: 1) изменение механизма деформации и 2) повышение ее однородности, проявляющееся в устранении текстуры.

Область применения. Результаты работы могут быть использованы в авиационной промышленности и ракетостроении при изготовлении деталей обшивки, крепления, силового набора, шасси, а также деталей авиационных реактивных двигателей.

Исследования выполнены в рамках договора с БРФФИ № T22КИ-017 от 05.11.2021 г.