УДК 620.178

ВЛИЯНИЕ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ РЕШЕТКИ МЕТАЛЛОВ НА ПРОЦЕСС ДИНАМИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

А. П. КРЕНЬ, В. А. РУДНИЦКИЙ
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

В работе рассматривается влияние кристаллической решетки на пластичность металлов путем сопоставления статической и динамической твердости. Как правило, пластическое деформирование всех металлов и сплавов существенно зависит от скорости деформации, которая приводит к затруднению процесса деформирования, а связь динамической и статической твердости описывается зависимостью вида:

$$H_d = H_s + K \cdot \log \dot{\varepsilon}_d, \quad (1)$$

где K– коэффициент, имеющий размерность напряжения и зависящий от свойств материала; $\dot{\varepsilon}_d$ средняя скорость деформации при измерении динамической твердости.

Как показали исследования, в диапазоне ударных нагрузок $log\ \dot{\varepsilon}_d$ меняется незначительно и для всех металлов примерно равен 3,1, в то время как K существенно зависит от свойств металла. В работе исследовались металлы, имеющие различную кристаллическую решетку: металлы с кубической гранецентрированной решеткой (ГЦК) – никель; медь и аустенитная сталь; низкоуглеродистая сталь, имеющая кубическую объемно центрированную решетку (ОЦК) и металлы с гексагональной плотноупакованной решеткой (ГПУ) – титан и титановый сплав ВТ-6, полученный по аддитивной технологии.

Строение кристаллической решетки тесно связано с механическими и физическими свойствами материала. От прочности этой связи зависит способность к развитию пластической деформации и, как следствие, к сопротивлению вдавливания индентора. При этом пластическое деформирование происходит за счет сдвига атомных плоскостей с наиболее плотной упаковкой атомов. Известно, что металлы, имеющие кубическую кристаллическую решётку, обладают высокой пластичностью, так как скольжение в них происходит во многих плоскостях и направлениях. Металлы со структурой ГПУ менее пластичны и поэтому труднее, чем металлы с кубической структурой, поддаются холодной обработке, в связи с чем, сложнее происходит пластическое деформирование материала при динамическом вдавливании индентора.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

В связи с этим, был сделан вывод о том, что металлы с различным строением кристаллической решетки обладают различной чувствительностью к скорости деформации, что определяется значением *K*.

Учитывая, что разность между значениями динамической и статической твердостями, как было установлено для конкретного материала, во всем диапазоне твердостей можно считать постоянной. Для объективного учета влияния структуры решетки достаточно испытать материалы с одинаковым модулем упругости.

В работе изучалось влияние кристаллической решетки на величину динамической твердости путем проведения двух экспериментов. В первом случае индентированию подвергались три различных материала, имеющих одинаковый модуль упругости примерно равный 200 ГПа. Этими металлами являлись низкоуглеродистая сталь на основе α – железа с решеткой ОЦК, аустенитная нержавеющая сталь на основе γ – железа с решеткой ГЦК и чистый никель, также с решеткой ГЦК. Во втором случае испытывались два материала, имеющие модуль упругости равный 110 ГПа: титан с решеткой ГПУ и медь с решеткой ГЦК. Результаты испытаний приведены в табл. 1, где показаны значения модулей упругости, динамической и статической твердости материалов, их разность и значение коэффициента *K*.

Табл. 1. Параметры материалов

Металл	Вид решетки	*E, ГПа*	H_s, *МПа*	H_d, *МПа*	H_d-H_s, *МПа*	*K, МПа*
Никель	ГЦК	200	1430	1830	400	129,1
γ – железо	ГЦК	200	1560	1910	350	112,9
α – железо	ОЦК	200	1050	1650	650	209,6
Титан	ГПУ	110	1880	2650	770	248,3
Сплав ВТ-6	ГПУ	115	3910	4650	740	238,7
Медь	ГЦК	110	560	580	20	6,4

Из табл. 1 следует, что при модуле упругости 200 ГПа, наибольшее увеличение динамической твердости (650 МПа), по сравнению со статической, наблюдается у стали на основе α – железа, имеющей решетку ОЦК и меньшие значения у никеля и аустенитной стали с решетками ГЦК. Для металлов с модулем упругости около 110 ГПа (титана, сплава ВТ-6 и меди) видно, что относительно большая динамическая твердость наблюдается у титана и сплава ВТ-6, имеющих структуру решетки ГПУ.

Таким образом, из проведенных экспериментов следует, что кристаллическая структура оказывает существенное влияние на пластичность, и учет этого влияния может осуществляться путем оценки коэффициента *K* в формуле (1).

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета