

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«Физическая мезомеханика.

Материалы с многоуровневой иерархически
организованной структурой и интеллектуальные
производственные технологии»

6–10 сентября 2021 г.

Томск, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ НА ПЛАСТИЧНОСТЬ СПЛАВА АК10М2Н ПОДВЕРГНУТОГО ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВОЙ ОБРАБОТКЕ

¹Загуляев Д.В., ²Иванов Ю.Ф., ¹Якупов Д.Ф., ²Устинов А.М.

¹Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк

²Институт сильноточной электроники СО РАН, Томск

Известно, что пластическая деформация металлических материалов протекает на различных масштабных уровнях от макро, до нано [1]. Поверхность материала играет одну из основных ролей в процессе деформирования, поскольку претерпевает множество морфологических изменений [2,3]. В данной связи состояние поверхностных слоев материала существенно сказывается на их деформационном поведении. С другой стороны скорость деформирования так же оказывает влияние на пластическое течение металлических материалов [4]. В связи с изложенным цель работы заключалась в исследовании влияния скорости деформирования и плотности энергии пучка электронов на способность сплава АК10М2Н изменять форму без нарушения целостности в процессе одноосного растяжения до разрушения.

Образцы для испытаний вырезались из чушки и имели вид плоских, двухсторонних лопаток, что соответствовало ГОСТ 1497-84. Размеры образцов для испытаний составляли: толщина 2,3 мм; ширина 9,1 мм; длина рабочей части 16,0 мм. Перед облучением образцы шлифовались и полировались. Модифицирование поверхностных слоев сплава осуществляли на установке «СОЛО» с двух сторон при следующих параметрах пучка: плотности энергии пучка электронов 10, 30, 50 Дж/см², энергия ускоренных электронов 17 кэВ, длительность импульсов 50 мкс, количество импульсов 3, частота следования импульсов 0,3 с⁻¹; давление остаточного газа (аргон) в рабочей камере установки $2 \cdot 10^{-2}$ Па. Испытания на одноосное растяжение сплава осуществляли на испытательной машине «INSTRON 3386» с постоянными скоростями деформирования 1,25 и 2 мм/мин.

Диаграммы нагружения образцов сплава находящегося в литом состоянии и модифицированных по трем режимам отличающихся плотностью энергии пучка электронов при различных скоростях деформирования представлены на рисунке 1. Пластические свойства сплава АК10М2Н при различных скоростях деформирования и плотностях энергии пучка электронов приведены в таблице 1.

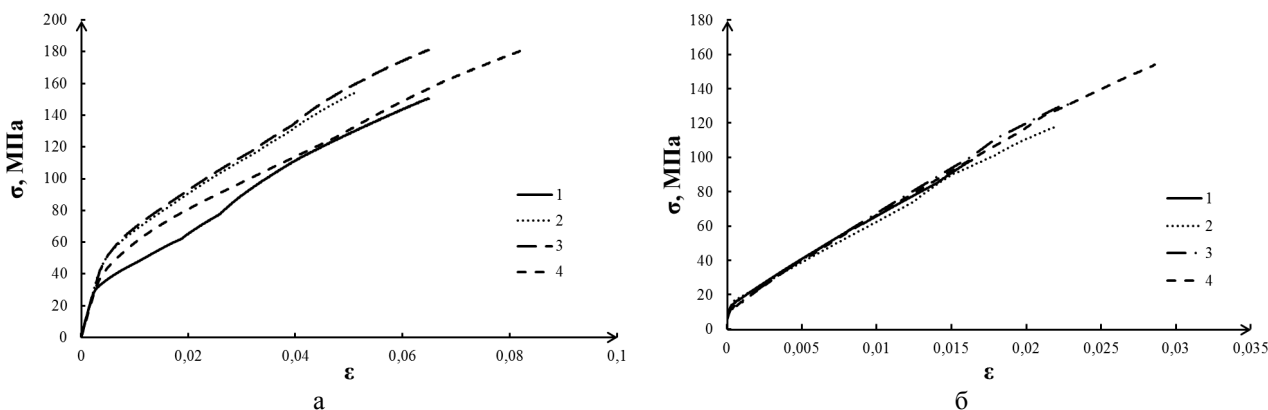


Рис. 1. Диаграммы нагружения сплава АК10М2Н при скорости деформирования 2 мм/мин (а) и 1,25 мм/мин (б). 1 – образец находящийся в литом состоянии, 2 – образец подвергнутый двухсторонней электронно-пучковой обработке с плотностью энергии пучка электронов 10 Дж/см², 3 – 30 Дж/см², 4 – 50 Дж/см²

Анализ диаграмм нагружения (см рис. 1а) и пластических свойств (см. табл. 1) сплава АК10М2Н при скорости деформирования 2 мм/мин показывает, что при плотности энергии пучка электронов 10 Дж/см² происходит снижение величины деформации необходимой для разрушения образца с 6,7 % до 5,4 %, одновременно, незначительно (2 МПа) увеличивается

предел прочности на разрыв.

Таблица 1. Пластические свойства АК10М2Н при различных скоростях деформирования и плотностях энергии пучка электронов

Скорость деформирования, мм/мин	2				1,25			
	0	10	30	50	0	10	30	50
Плотность энергии пучка электронов, Дж/см ²								
Предел прочности на разрыв, МПа	144	146	174	175	98	116	127	153
Нагрузка при разрыве, Н	3404	3503	4264	4356	2240	2687	2981	3503
Деформация при разрушении, %	6,7	5,4	6,7	8,4	1,6	2,2	2,3	2,7

Последующее увеличение плотности энергии пучка электронов до 30 Дж/см² приводит к восстановлению значения величины деформации необходимой для разрушения образца до значений сплава находящегося в литом состоянии, однако при данных параметрах обработки наблюдается увеличение предела прочности на разрыв на 20 % с 144 до 174 МПа. Режим обработки с плотностью энергии пучка электронов 50 Дж/см² характеризуется увеличением пластических характеристик сплава, величины деформации необходимой для разрушения образца составила 8,4 % – это максимальное значение в данной серии экспериментов. Предел прочности практически не изменяется в сравнении с режимом 30 Дж/см².

Снижение скорости деформирования до 1,25 мм/мин (см. рис. 1б., табл. 1) приводит к снижению пластических характеристик сплава, а именно в литом состоянии образец разрушается при деформации равной всего лишь 1,6 %, обработка электронным пучком приводит к последовательному увеличению данного параметра и при 10 Дж/см² деформация равна 2,2 %, при 30 Дж/см² – 2,3 %, при 50 Дж/см² – 2,7 %. Предел прочности также увеличивается последовательно, с 98 МПа в литом состоянии до 153 МПа при плотности энергии пучка электронов равной 50 Дж/см².

Таким образом, в ходе исследований влияния скорости деформирования и плотности энергии пучка электронов на пластические свойства сплава АК10М2Н в процессе одноосного растяжения до разрушения установлено: (1) независимо от скорости деформирования увеличение плотности энергии пучка электронов приводит к увеличению предела прочности на разрыв; (2) снижение скорости деформирования сопровождается уменьшением пластичности сплава АК10М2Н.

Для выявления физических механизмов ответственных за изменение пластических свойств сплава АК10М2Н подвергнутого модифицированию электронным пучком и последующим разрушением в режиме одноосного растяжения необходимо проведение прецизионных исследований методами современного физического материаловедения, в том числе сканирующей и просвечивающей электронных микроскопий.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ, проект № 19-79-10059

1. Panin V.E. Overview on mesomechanics of plastic deformation and fracture of solids // Theoretical and Applied Fracture Mechanics. 1998. Vol. 30. Issue 1. P. 1–11.
2. Romanova V., Balokhonov R., Panina A., Kazachenok M., Kozelskaya A. Micro- and mesomechanical aspects of deformation-induced surface roughening in polycrystalline titanium // Materials Science and Engineering: A. 2017 Vol. 697. P. 248–258.
3. Miranda-Medina M.L., Somkuti P., Bianchi D., Cihak-Bayr U., Bader D., Jech M., Vernes A. Characterisation of orange peel on highly polished steel surfaces // Surface Engineering. 2015. Vol. 31. Issue 7. P. 519–525.
4. Авсейков С.В., Бобарикин Ю.Л. Влияние скорости деформации на сопротивление пластическому деформированию углеродистой латунированной проволоки в процессе тонкого волочения // Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого. 2013. №3. С. 25–31.