

Р.В. Ажажа, С.П. Стеценко, В.В. Малёванный, С.В. Ховрич, К.В. Ковтун
Национальный научный центр “Харьковский физико-технический институт”,
61108, Харьков, ул. Академическая, 1, Украина; Тел: (+38057) 3356501,
Факс (+38057) 3351739, ; rva@kipt.kharkov.ua

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕХАНИЧЕСКИХ УСИЛИЙ ПРИ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКЕ ГАФНИЯ

Гафний обладает комплексом механических, химических и ядерно-физических свойств, которые позволяют использовать его в ядерной технике, в основном, для изготовления регулирующих элементов ядерных реакторов, экранов для защиты от нейтронного излучения, камер и боксов для хранения и проведения работ с радиоактивными материалами.

Обладая высоким сечением поглощения тепловых нейтронов и коррозионной стойкостью, гафний используется в ядерных реакторах с конца 50-х годов в конструкциях органов регулирования. В американских коммерческих ядерных реакторах типа PWR гафний начали использовать с начала 60-х годов [1].

С 1993 года в исследовательском реакторе РБТ-6 (ГНЦ РФ НИИАР) успешно эксплуатируются пластинчатые органы регулирования из гафния. В 1989 году в реакторах BWR (Япония) введены в эксплуатацию регулирующие стержни из гафния с высоким сроком службы: пластинчатого и стержневого типа [2]. Пластинчатые органы регулирования представляют собой несколько пар тонких гафниевых пластин, прикрепленных с помощью штифтов из нержавеющей стали к лопастям стержня. Вода, протекающая между пластинами, создает ловушечный эффект, который увеличивает эффективность органа регулирования.

В энергетической стратегии Украины атомной энергетике отводится ведущее место, в перспективе планируемая доля АЭС в выработке электроэнергии составляет 50% [3]. Однако дальнейшее развитие атомной энергетике в Украине зависит от степени безопасности и эффективности работы ныне действующих АЭС.

Ряд таких проблем можно решить с использованием гафния в качестве конструкционного материала для атомной энергетике:

- повышение безопасности и эксплуатационной надёжности систем управления реакторов при использовании ПЭЛлов из гафния на действующих атомных реакторах;

- научно-техническое обоснование возможности продления срока эксплуатации атомных блоков, проектный ресурс 12 из которых завершается в следующем десятилетии;

- решение проблем хранения отработанного ядерного топлива и

© Р.В. Ажажа, С.П. Стеценко, В.В. Малёванный, С.В. Ховрич,

радиоактивных отходов.

В ННЦ «ХФТИ» много лет занимаются изучением влияния различных видов обработки на свойства гафния [4,5,6]. Наши исследования показали, что гафний очень быстро упрочняется в процессе деформации даже при повышенных температурах. Поэтому, когда встала задача получения полос из гафния методом прокатки, целесообразно было оценить нагрузки, которые будет испытывать деформационное оборудование.

Для оптимизации режимов прокатки гафниевых листов составлен алгоритм расчета контактных механических напряжений и сил сопротивления формоизменению, которые возникают в очаге деформации прокатываемой полосы. Алгоритм реализован в компьютерной программе в системе Mathcad. Программа составлена для частного случая, когда на прокатываемую полосу действуют только силы, приложенные со стороны валков - отсутствуют силы натяжения (подпора) изгибающие моменты и др. Модель расчета основана на положениях работы [4].

Исходные данные для расчета.

1. Диаметр валков – D (случай равных диаметров).
2. Начальные геометрические параметры полосы: начальная толщина на входе – h_0 и ширина – b .
3. Степень поперечной деформации полосы – ε .
4. Механические свойства материала при температуре проката.

Алгоритм расчета.

1. Определяются геометрические параметры очага деформации (угол и дуга захвата - α и l , соответственно) и толщина полосы на выходе – h_1 .
2. На основании уравнения пластичности, примененного для данного материала при температуре проката, определяются контактные касательные и нормальные напряжения, средние по дуге захвата.
3. На основании уравнений равновесия определяются силы сопротивления деформированию, направленные по касательной к дуге захвата и по радиусу валка.
4. Определяется суммарное усилие и момент сил на валке в процессе прокатки.

По данной программе были проведены расчеты сил и момента сил и построены зависимости их от степени поперечной деформации при прокатке пластин из гафния начальной толщиной на входе 22 мм и шириной 75 мм для деформации в диапазоне (10÷50) % и температуры в диапазоне (750÷1000) °С.

На рис. 1 и рис. 2 приведены зависимости результирующей силы и момента сил на валках, соответственно, от степени поперечной деформации полосы гафния в процессе прокатки при температурах (750÷1000) °С. Зависимость предела текучести гафния от температуры принято по данным работы [5].

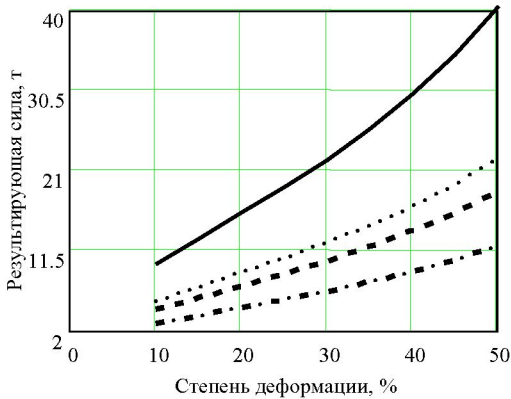


Рис.1. Зависимость результирующей силы от степени деформации ϵ в процессе прокатки при температурах: (—) – 750 °C; (.....) – 850 °C; (----) – 900 °C; (-·-·-) – 1000 °C

По данной программе была выполнена расчетная оценка для случая прокатки пластин из гафния для средних значений параметров деформации 4-х проходов при 1000 °C и 4-х проходов при температуре 850 °C

Исходные данные, принятые при расчете:

- диаметр валков $D = 280$ мм;
- ширина пластины $b = 75$ мм;
- начальная толщина пластины и средняя поперечная деформация:

$h_{01} = 22$ мм; $\epsilon_1 = 13.7\%$ - прокатка при 1000 °C;

$h_{02} = 12.2$ мм; $\epsilon_2 = 15.9\%$ - прокатка при 850 °C;

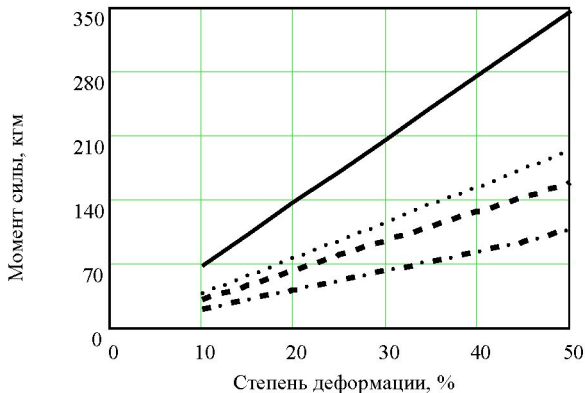


Рис.2. Зависимость момента сил на валках от степени деформации ϵ в процессе прокатки при температурах: (—) – 750 °C; (.....) – 850 °C; (----) – 900 °C; (-·-·-) – 1000 °C

Предел текучести гафния:

$\sigma_{0.2} = 15$ МПа - при 1000 °С;

$\sigma_{0.2} = 28$ МПа - при 850 °С;

Результаты расчета приведены в таблице 1

Таблица 1

№	Температура Т °С	Нормальная сила Р, кг	Касательная сила Q, кг	Результирующая сила N, кг	Момент силы M, кгм
1. • 10 00	3090	123	3093	22.9	• 2. • 850 2.

На рис. 3 приведена фотография заготовки гафния марки ГФЭ-1, подготовленных для последующей прокатки.



Рис. 3. Заготовки гафния

Для прокатки кованых гафниевых слябов использовался прокатный стан «ДУО-200х280», производства СКМЗ г. Краматорск, с усилием прокатки 50 т.с. и возможностью регулирования скорости прокатки от 1 до 20 м/мин. Стан укомплектован двумя регулируемыми по высоте столами, предназначенными для подачи заготовки в валки и приема из них после прокатки. На переднем столе, предназначенном для подачи заготовки в

валки, устанавливается регулируемое по ширине приспособление для проводки катаемого сляба, обеспечивающее перпендикулярность заготовки валкам при ее задаче.

Для нагрева заготовки использовалась электропечь СНОЛ-2,5.4.1.4/11-И1 мощностью 8 кВт. Контроль температуры выполнялся термопарой типа хромель – алюмель с помощью универсального вольтметра В7-50.

В качестве исходного металла при прокатке использовали кованные заготовки гафния сорта ГФЭ-1. Учитывая полученные данные, нами сделаны оценки допустимых деформаций гафния для различных температур, которые могут быть реализованы на имеющемся у нас прокатном оборудовании. По этим режимам прокатаны полосы.

Полосы после прокатки имеют толщину 6,4...6,7 мм, ширину 77...79 мм, и длину 985...1005 мм. Внешний вид одной из гафниевых пластин после прокатки показан на рис.4 .



Рис. 4. Внешний вид гафниевой пластины после прокатки

В процессе прокатки стан работал в штатном режиме, и сбоев из-за перегрузки не наблюдалось.

Выводы:

1. Сделана оценка допустимых усилий при прокатке гафния применительно к нашим прокатным станам.

2. По полученным результатам была прокатана опытная партия пластин из гафния, для проведения дальнейших исследований.

1. *Herbert, Keller W.* Development of hafnium and comparison with other pressurized water reactor control rod materials//Nuclear Technology, Vol.59, 1982, p.476-482.
2. *Shirayanagi H., Fukumoto T., Shiga S.* Advanced control rods for Japanese BWR plants// proceedings of a Technical Committee meeting “Advanced in control assembly materials for water reactors”, 29 November-2 December 1993, IAEA, 1995, p.135-164.
3. *И.М. Неклюдов* Состояние и проблемы атомной энергетики в Украине// Вопросы атомной науки и техники. 2007. № 2. Серия: Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение (90), с. 3-9.
4. *В.М.Ажжажа, К.В.Ковтун, П.Н.Вьюгов, З.Г. Карлина* Свойства и структура выдавленного гафния //ВАНТ,1998, Вып. 3(69), с.82.
5. *К.В.Ковтун, П.Н.Вьюгов, А.П.Мухачев, А.А.Афанасьев* Изучение свойств кальциетермического гафния // ВАНТ 1999,№4 с.19-20;
6. *Е.В.Карасева, В.И.Соколенко, К.В.Ковтун, Р.В.Ажжажа* Особенности ползучести и механизмы пластической деформации поликристаллического гафния в интервале температур 77...650К // ВАНТ. 2006.№4.(89) с.133-137
7. *А.И. Целиков, А.И. Гришков.* Теория прокатки. //М.: «Металлургия», 1970, 359 с.
8. *N. N. Pilipenko, I. B. Dolya, P. N. Vyugov, S. D. Lavrinenko, and R. V. Azhazha*

Поступила 26.01.2009р.

УДК 683.03

Т.І.Олешко

ФОРМУВАННЯ ТА АНАЛІЗ СЕМАНТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ В ІНФОРМАЦІЙНІЙ ТЕХНОЛОГІЇ

Інформаційні засоби та інформаційна технологія в цілому, яка включає інформаційну систему, в першу чергу орієнтована на роботу з семантичними способами представлення досліджуваних систем чи процесів. У зв'язку з цим необхідно детально розглянути основні семантичні характеристики таких структур. До таких характеристик відносяться: семантична суперечність, семантичні конфлікти, семантична надмірність та семантичні відхилення [1]. Розглянемо більш детально кожен з цих характеристик.

Наведені характеристики є актуальними тільки в тому випадку, коли в рамках інформаційної технології використовуються не тільки формальні моделі, що відображають систему та її функціонування, а й семантичний опис поточного образу системи. Очевидно, що користуватися повним описом всього образу системи не доцільно, оскільки в випадку складної системи такий опис буде занадто громіздким. Тому семантичний образ (SO) повинен описувати лише вибрані фрагменти або систему в цілому на різних рівнях узагальнення відображення. Рівень узагальнення опису образу будемо визначати через міру деталізації опису цього образу і позначати SO_{d_i} . Міру деталізації будемо враховувати наступним чином. Якщо опис образу SO складається з елементарних синтаксичних елементів, то рівень деталізації опису образу SO є найвищим, будемо записувати це в формі $SO(d_i) = \max$.

До елементарних семантичних елементів будемо відносити ті слова з словника C_s , які позначають базові компоненти предметної області. Фрагменти опису SO можуть представляти собою певні підсистеми і такі підсистеми можуть позначатися окремими словами. Тоді відповідні слова будемо відносити до групи слів, що є похідними базових слів стовпця C_s . Будемо позначати базові слова символом $S_i(1)$, тоді похідними словами будуть слова $S_i(m)$, де m – кількість слів, що використовуються для опису підсистеми у вигляді образу SO_i . В цьому випадку