

كان قد ثبت أن شبكة من فقاعات نانوية لغاز انشطاري تتشكل في حبات U(Mo) ومع الأخذ بالاعتبار استحالة وجود مثل هذه الشبكة في الطور الزجاجي، يمكن التطلع إلى أن انتقال فقاعات نانوية وتكتلها في الفراغات الملحوظة يمثل تفسيراً مقبولاً.

وإذا نظرنا إلى UAl_x و U_3Si_2 و U(Mo)، فإن الفرق الأساسي بين U(Mo) والوقودين الآخرين يكمن في عملية تبلور جسيمات الوقود، ولما كان تشيع الأشكال الثلاثة من الوقود في درجة حرارة منخفضة يعيدها جميعها إلى حالة عدم التبلور، بدرجات متفاوتة من الحيّز الفارغ، ونظراً للعثور على جميع طبقات التفاعل في حالة غير متبلورة (تتشكل بصورة لا بلورية في المفاعل)، فإن الطبيعة البلورية لـ U(Mo) تحت التشيع قد تصبح جزءاً من سبب السلوك الجدلي لهذا النوع. يبدو واضحاً أنه مع وقود غير متبلور مثل UAl_x ، تتشكل طبقة تفاعلية غير متبلورة مماثلة جداً، كما في حالة U(Mo)-Al، لا تنتج التأثير نفسه في تشكيل فقاعات على سطوح بنية في حبيبات الركازة، حتى مع وجود غاز انشطار بنسبة كبيرة (وقود HEU). وإن إضافة وقود يحتفظ بتبلوره، وتشكل فيه غازات الانشطار شبكة فقاعات نانوية منتظمة، إلى منتج تفاعل غير متبلور، لا تستطيع فيه هذه الفقاعات البقاء في الشبكة، قد يشكل جوهر الموضوع.

2.3. استعمال إضافة السليكون إلى الركازة Al

استناداً إلى بعض الملاحظات التي تبّدت أثناء تحاليل الوقود وطبقة الإكساء لصفيحتين دقيقتين من ناتج التشيع في RERTR، حيث لوحظ موضعياً انكماش سمك طبقة التفاعل الذي اعتبر عائداً إلى وجود السليكون في خليط طبقة الإكساء Al6061، تمّ اقتراح إضافة كمية من السليكون إلى الركازة Al لتحسين خصائص طبقة التفاعل. إن استعمال السليكون للحدّ من التفاعل بين U و Al لم يكن اكتشافاً جديداً، لأنه سبق استعماله أيضاً في إنتاج وقود المفاعلين ORNL X-10 و BR1.

وبالنتيجة، فإن إضافة السليكون إلى ركازة الألمنيوم كان قد طبق لتخفيف مخاطر مشكلة التفاعل في U(Mo)-Al. وحتى الآن، فإن التأثير الإيجابي للسليكون على معدل تشكل طبقة التفاعل وخواصها قد أثبت بوضوح. كما أن إجراء تجربتين مترافقتين للانتثار قد أدى أيضاً إلى استنتاجات مماثلة. وفي نمط انتثاري للسلوك، فإن ألفة اليورانيوم للسليكون هي التي سمحت للسليكون بإيقاف التفاعل بين اليورانيوم والألمنيوم. ففي داخل المفاعل،

تفاعل مماثلة لمشاكل طبقة الوقود المبدّد. وبالإضافة إلى حلّ هذه المسألة، ما تزال عمليات تصنيع رقاقات الوقود وإدخالها في كامل حجم لوحات الوقود من المهام غير الواضحة، ويرجع ذلك أساساً إلى الخصائص المعدنية النوعية لـ U(Mo)، مما يجعل من الصعب لفّه دون تمزّق.

3. الوقود الهبّد

1.3. سبب الإخفاقات

منذ إخفاقات الوقود المبدّد U(Mo)-Al في العام 2004، كُرس الكثير من الجهد في البحث عن السبب الجذري لهذه الإخفاقات، والأهم من ذلك، العلاج. ومن المقبول عموماً الآن أن خصائص طبقة التفاعل المتشكلة بين حبات الوقود U(Mo) وركازة Al، التي ثبت أنها غير متبلورة، هي على الأقل عامل مهم في الإخفاقات.

إن طبيعة عدم التبلور لطور التفاعل بحدّ ذاتها غير كافية كسبب لدورها في فشل لوحة الوقود، لأنه من المعروف والثابت أن أنواع وقود ناجحة أيضاً، مثل U_3Si_2 و UAl_x بالذات، تصبح غير متبلورة تحت التشيع وتكون منتجات تفاعلها مع الركازة هي أيضاً غير متبلورة. في الواقع، إن تركيب منتج تفاعل U(Mo) مع Al قريب من تركيب UAl_x ذاته وبالتالي قد يميل الواحد منا إلى التفكير بوجود Mo كتفسير للسلوك الضعيف.

يمكن وصف الطور غير المتبلور لـ U-Mo-Al، في جوهره، كزجاج معدني. ومن المعروف من الدراسات المنفذة على الزجاج المعدني، أن الحيّز الفارغ في زجاج معدني يتأثر بالتغيرات التركيبية. ونظراً لأن الحيّز الفارغ في المادة غير المتبلورة يؤثر بشكل مباشر في الخصائص الفيزيائية الكيميائية، مثل الانتشارية واللزوجة، وما إلى ذلك، يمكن الافتراض أنه قد يكون هناك اختلاف في الحيّز الفارغ بين مرحلة تفاعل U-Mo-Al وجسيمات الوقود U-Al غير المتبلورة، ويعود هذا الاختلاف إلى وجود Mo.

مع ذلك، وإلى حدّ كبير، لا يُظهر الوقود UAl_x تشكّل فقاعة غاز انشطارية تصل إلى استحراق عال نسبياً في ظروف تشغيل عادية، إذ لا تلاحظ فقاعات داخل مرحلة التفاعل في حالة U(Mo) أيضاً. وعلى وجه الدقة، تتشكّل الفراغات المعترية مسؤولة عن توسيد لوحة الوقود بين طبقة التفاعل والركازة ويمكن اعتبارها ناتجة من انتقال الغاز من حبات U(Mo) عبر طبقة التفاعل. ولما