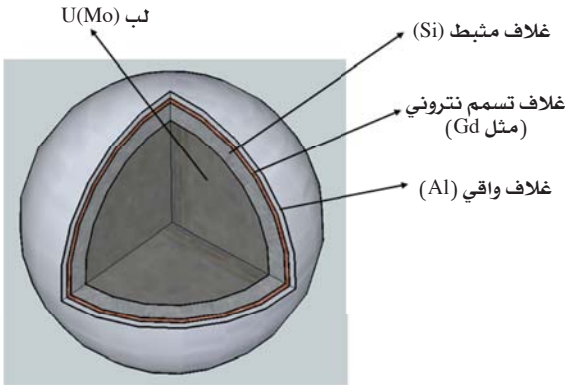


Chemical Vapor Deposition (PVD) وتوضّع بخاري كيميائي (CVD) Deposition (CVD). ففي التقنية الأخيرة، يُعرّضُ سطح العينة إلى ما يُسمّى المُؤلّد الطليعي precursor، الذي غالباً ما يكون مركباً عضوياً معدنياً غازياً. وفي حالة ترسيب Si، يستعمل السيلان (SiH_4). يتفكك المُؤلّد الطليعي لدى امتزازه على سطح العينة بفعل الحرارة أو بفعل تعرّضه إلى عامل مختلف، مثل بخار الماء. إن أول مرة جُرب فيها CVD لتغليف حبيبات U(Mo) كانت من قبل باسكواليني Pasqualini. ومن بين أفضل تقنيات PVD، تُعدُّ الفرقة طريقة التوضّع الأكثر شيوعاً، حيث يتمّ فيها قذف دريئة بأيونات الأروغون بوجود خلاء شديد، مما يسبب فرقة ذرات الدريئة وانطلاقها خارجاً، ليتمّ بعد ذلك توضّعها على سطح العينة.

وبسبب العوائق الحاصلة لدى استعمال CVD من أجل ترسيب Si، وبخاصة الطبيعة الانفجارية للسيلان، الناجمة عن الحاجة إلى التسخين (عادة بين 550 و 650°C، التي تقود إلى الأكسدة واحتمال تفكك U(Mo) وإطلاق أشعة غاما)، واحتمال هدرجة U(Mo) عند تحرر الهيدروجين وصعوبة التوضّع لعدد من المواد بسبب نقص غازات المولد الطليعي أو ارتفاع أسعارها، فقد جرى اختيار توضّع بالرشاشة بالنبذ الأيوني (المغنترون) ذي التيار المستمر DC magnetron sputter deposition. توفر هذه الطريقة تكلفة منخفضة ومرونة عالية في تبديل مادة الدريئة وإمكانية الترسيب المشترك وترسيب طبقات عديدة وتجنب تسخين المادة أو الركازة.

أما الصعوبة الإضافية لدى تغليف المساحيق بالمقارنة مع السطوح المستوية فإنها تكمن في الحاجة إلى التحريك المستمر



الشكل 5. تمثيل تخطيطي لجسيم الوقود في مشروع SELENIUM. لم يجبر تحديد لمقاسات الطبقات، لأن سمك طبقة (المنشط) سيكون 1% فقط من قطر الجسيم.

علاوة على ذلك، إن استعمال Si في الوقود النووي غير مرحب به عندما يتعلق الأمر بإعادة معالجة الوقود. ومع أن حلولاً تقنية قد تكون موجودة أو يمكن تطويرها، إلا أنها تتطلب استثمارات إضافية وتكاليف معالجات لكمية بسيطة من وقود مفاعلات الأبحاث الواجب إعادة معالجته. وبالتالي، فإن إيجاد بديل لـ Si قد يكون خياراً مهماً، غير أنه من المفضل أن يدخل في الوقود بطريقة مماثلة للطريقة التي طور بها Si لتجنب تكرار العديد من جهود التطوير. وإذا ما تعذر استبدال Si، فينصح على الأقل بتخفيض الكمية المضافة لتحسين قابلية إعادة المعالجة في المحطة.

3.3 مشروع SELENIUM: أغلفة Si للوقود U(Mo)

يتمّ حالياً في مشروع SELENIUM وهي الأحرف الأولى من العبارة Surface Engineering of Low ENRiChed Uranium Molybdenum fuel التي تعني الهندسة السطحية لوقود يورانيوم موليبيدينيوم منخفض التخصيب المنفذ في مركز الأبحاث النووي البلجيكي (SCK•CEN)، تطوير حبيبات وقود مغلّفة، يطبق فيها Si بشكل مباشر في مكان يستطيع فيه القيام بدوره: أي عند السطح البيني لحبيبات الركازة، أي كطبقة مغلّفة لحبيبات الوقود. يجنب هذا العمل الحاجة لنقل Si إلى هذا المكان، سواء حرارياً خلال التصنيع أم في المفاعل أم عبر مسارات انزياح منتج الانشطار. وهذا ما يسمح بتخفيض كمية Si، لطالما أن الكمية بكاملها ستكون فعّالة وأنه بالإمكان إضافة الكمية القليلة المطلوبة. يسمح استعمال الحبيبات المغلّفة أيضاً للمصنع بالحفاظ على مفاهيم مسار التصنيع الحالية جميعها، وذلك لأن الحبيبات هي وحدها التي تُعدّل وليست اللوحة. أخيراً، إذا كان بالإمكان وضع Si على سطح حبيبات الوقود، فيجب أن تتحقق إمكانية استعمال التقنية نفسها لوضع مواد أخرى أيضاً، مما سيسمح بتبديلات سريعة من كايح inhibitor لآخر دون إحداث تبديلات في عملية تصنيع لوحات الوقود. إن ذلك يتيح إمكانات أخرى، مثل التغليف مع سموم نترونية أو أغلفة وقائية من Al (الشكل 5).

يمكن أن تتمّ عملية التغليف على سطح ما عبر تقنيات عديدة، ويمكن لكل تقنية مقترحة أن تصلح لتطبيقات عديدة. بعض الطرائق تستعمل تفاعلات بالحالة الصلبة أو الحالة المائية (معدن أو ملح منصهر) لإنجاز التغليف، لكن معظم عمليات التغليف تتمّ باستعمال البخار أو الحالة الغازية. تقسم تقنيات توضّع البخار عادة إلى صنفين اثنين: توضّع بخاري فيزيائي Physical Vapor