微細加工およびナノ粒子コーティングによる粉末付着防止技術開発

Development of the prevention technique for the powder adhesion on substrate by the micro-fabrication

and nanoparticle coating

*瀬川 智臣¹, 川口 浩一¹, 石井 克典¹, 都倉 諒磨², 佐藤根 大士², 鈴木 道隆² ¹日本原子力研究開発機構,²兵庫県立大学

グローブボックスにおける核燃料物質の滞留や外部被ばく線量の低減等を目的とし、グローブボックス構成材への微細加工およびナノ粒子コーティングによる粉末付着防止に係る技術開発を進めている. 微細加工を施したステンレス並びにナノ粒子コーティングを施したアクリル、ポリカーボネートおよびステンレスの粉末付着防止効果に係る測定・評価結果について報告する.

キーワード: 微細加工, ナノ粒子コーティング, ステンレス, アクリル, ポリカーボネート, 付着力 1. 緒言

MOX 燃料製造工程において, グローブボックス内の構成材に核燃料物質が付着することによる滞留や外部被ばく線量の増加, パネルの視認性低下が課題となっている. 既往の研究において, グローブックス構成材へのナノ粒子コーティングが二酸化ウラン粉末の付着防止に有効であることを明らかにした^[1]. グローブボックスへの粉末付着防止を図るため, グローブックス構成材への微細加工およびナノ粒子コーティングによる粉末付着防止効果に係る測定・評価を実施した.

2. 実験方法

微細加工による粉末付着防止効果を確認するため,未加工のステンレス(SUS304, #400)とその表面に微細加工(Gemini加工, ㈱不二製作所)を施した SUS304 を使用した.

表面状態や付着力の測定のため、原子間力顕微鏡(AFM)(Seiko Instruments Inc., SPA-400)を使用した. AFM では、試験片表面と探針の間に働く原子間力によるカンチレバーの反りや振動を検出し、表面物性を測定する. 探針の先端にコロイドプローブ(粒子径約10 µm)のシリカ球)を取付け、付着力の測定を行った.

3. 測定結果および考察

AFM による SUS304 の表面測定結果を Fig. 1 に示す. 未加工におい ては深さ約 20 nm、間隔約 1.5 μm の研磨溝が観察されたのに対し, 微 細加工後は深さ約 180 nm、間隔約 1.5 μm の突起が散在する表面構造が 確認された.

未加工および微細加工を施した SUS304 の表面と探針間の付着力を Fig.2に示す.各試験片について測定箇所を変えて計9回の付着力測定 を行った.コロイドプローブと表面の平均付着力は,未加工のSUS304 では約2.0 nNである一方,微細加工を施した場合は約2.0 nNでほとん ど変わらないものから0.8 nNまで減少したものまでばらつきがあり, 平均で1.2 nNであった.表面状態の変化が影響していると推測される. 未加工表面においては,プローブが線状の低い凸部と接触する一方,微 細加工表面においては,点状の比較的高さのある凸部と接触する.この 接触様式の違いにより,表面とプローブ間に働くファンデルワールス力 に差が生じたと考えられる.また,微細加工における凸部の高さおよび 分布にはばらつきが見られ,プローブが比較的平坦な部位に接触したこ とにより,未加工表面と同程度の付着力として観測されたと考えられる. MOX 粉末おいても,想定される粒子径約2 μmに対して適切な間隔と 深さの凹凸を作製することにより,付着力を低減できると見込まれる.





4. 結論

グローブボックス構成材に対し、微細加工を施すことにより、粉末付着防止効果が得られることが示唆 された.本手法は、グローブボックスや MOX 粉末を取扱う設備等における核燃料物質の滞留や外部被ば く線量の低減、パネルや除染作業時のゴーグル等への粉塵付着低減による視認性向上に有効と考えられる.

当日は、微細加工した SUS304 への粒子の付着力測定・評価結果についても報告する. さらに、ナノ粒 子コーティングの効果を確認するため、アクリル、ポリカーボネートおよび未加工の SUS304 に対し、粒 子径約 20 nmの親水性のシリカナノ粒子を表面に塗布した試験片に対する付着力測定・評価結果について も、合わせて報告する.

参考文献

[1] 瀬川智臣他, "ナノ粒子コーティングによる二酸化ウラン粉末付着防止効果の評価",日本原子力学会 2019 年秋の大会, 1E12 *Tomoomi Segawa¹, Koichi Kawaguchi¹, Katsunori Ishii¹, Ryoma Tokura², Hiroshi Satone² and Michitaka Suzuki² ¹Japan Atomic Energy Agency, ²University of Hyogo