

## بررسی تاثیر متغیرهای آبکاری غیر الکتریکی بر میزان و شرایط رسوب نیکل بر روی فوم پلی اورتان

امیر بحرایی<sup>1</sup>، مهدی دیوانداری<sup>2\*</sup>

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی مواد و متالورژی، دانشگاه علم و صنعت ایران

۲- دانشیار دانشکده مهندسی مواد و متالورژی، دانشگاه علم و صنعت ایران: Divandari@iust.ac.ir

### چکیده

فوم های فلزی خواص بسیار متنوع و گوناگونی دارند که به طور خلاصه و مختصر می توان گفت که وزن کم فوم های فلزی باعث شده که این مواد مورد توجه بسیاری قرار گیرند. یکی از روش های تولید فوم فلزی سلول باز، آبکاری الکتریکی بر روی فوم پلیمری است. از آنجایی که به علت نارسا بودن پلیمر، آبکاری الکتریکی به صورت مستقیم بر روی آن غیر ممکن است، سطح زیر لایه پلیمری باید قبل از آبکاری الکتریکی رسانا گردد که یکی از پر کاربردترین روش های رسانا سازی پلیمرها، آبکاری غیر الکتریکی است. در تحقیق حاضر تاثیر متغیرهایی مانند دما، زمان و غلظت نمک فلز در محلول آبکاری بر نرخ رسوب و ضخامت پوشش نیکلی در فرایند آبکاری غیر الکتریکی نیکل مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به دست آمده نشان داد که شرایط بهینه فرآیند زمانی حاصل می گردد که غلظت NiCl<sub>2</sub> برابر 50gr/lit و دمای آبکاری 75-80 °C باشد.

کلمات کلیدی: آبکاری غیر الکتریکی، نیکل، فوم پلی اورتان، نرخ رسوب، ضخامت

### مقدمه

رسوب کرده به عنوان خود کاتالیست عمل کرده و باعث شتاب گرفتن فرایند رسوب گذاری می شوند. در تحقیق حاضر فاکتورهای تاثیرگذار بر نرخ و ضخامت لایه نیکلی همانند ترکیب حمام، زمان و دمای فرآیند مورد بررسی قرار گرفتند. هدف این تحقیق بهینه سازی شرایط آبکاری غیر الکتریکی نیکل جهت افزایش نرخ و ضخامت پوشش نیکلی است [9, 8, 6, 2]

فوم های فلزی گونه ای از مواد متخلخل محسوب می شوند که اخیرا توجه زیادی را به خود جلب کرده اند. این مواد دارای خواصی همچون جذب انرژی، جذب صدا، نسبت سطح به وزن بالا، توانایی بالا در انتقال حرارت هستند. از خواص فوم های فلزی سلول باز می توان به سبکی، کاربردهای ساختاری مقاومت بالا، جاذب های انرژی مکانیکی، فیلترها، صدا خفه کن ها، محدود کننده سرعت آتش سوزی، صافی جریان، راکتورهای کاتالیستی و اخیرا مبدل های حرارتی اشاره کرد. فوم های فلزی سلول باز به روش های مختلفی تولید می شوند که یکی از روشهای پر کاربرد که از طریق آن می توان فوم های فلزی سلول باز با توزیع یکنواخت اندازه حفره و چگالی پایین تولید کرد، آبکاری الکتریکی بر روی فوم های پلیمری است، آبکاری الکتریکی بر روی فوم پلیمری نیازمند مقداری رسانایی الکتریکی در فوم پلیمری اولیه است. در تحقیق حاضر فرایند آبکاری غیر الکتریکی نیکل بر روی فوم پلی اورتان به عنوان یکی از روش های رساناسازی مورد بررسی قرار گرفته است. فرآیند آبکاری غیر الکتریکی نیکل بر روی فوم پلی اورتان شامل چندین مرحله است که عبارتند از: شستشوی زیر لایه، اچ شیمیایی، حساس سازی، فعال سازی و در نهایت پوشش دهی در حمام آبکاری غیر الکتریکی نیکل [1, 2, 3]

### 1- آزمایشات تجربی

#### 1-1- مواد

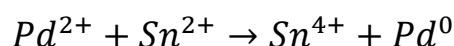
فوم پلی اورتان با اندازه تخلخل (60PPI) به عنوان زیرلایه مورد استفاده قرار گرفت. حمام آبکاری غیر الکتریکی نیکل شامل NiCl<sub>2</sub>، NaH<sub>2</sub>PO<sub>2</sub>، CH<sub>3</sub>COONa بود.

#### 1-2- فرآیند

فرآیند آبکاری غیر الکتریکی طی چندین مرحله انجام شد. شستشو، اچ، حساس سازی، فعال سازی و در نهایت آبکاری غیر الکتریکی. برای شستشوی پلی اورتان از اتانول استفاده شد. شستشو با اتانول باعث تمیز شدن سطح پلی اورتان می شود و آن را برای مرحله اچ کردن آماده می سازد. بعد از شستشوی نمونه پلیمری در اتانول به مدت 15 دقیقه و در دمای محیط، با آب مقطر شسته شد. در مرحله دوم که اچ کردن است، از یک محلول اسیدی حاوی اسید کرومیک با ترکیب (200ml/lit) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> و (360g/lit) H<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> استفاده گردید.

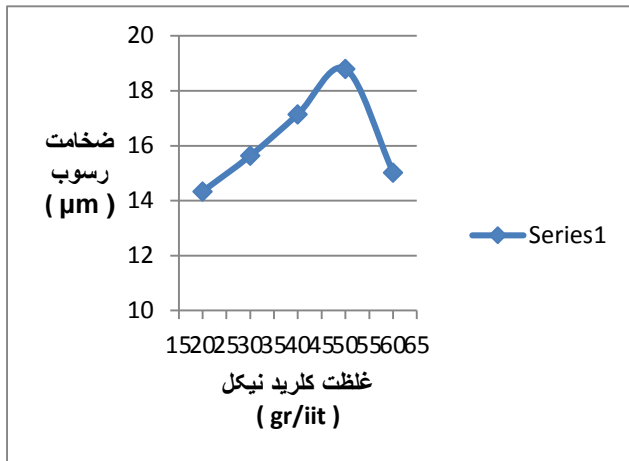
مرحله بعدی، مرحله حساس سازی است. زیرلایه بعد از اچ شدن در محلول اسیدی، در آب مقطر شسته و وارد محلول حساس سازی شد. ترکیب محلول حساس سازی شامل (50g/lit) SnCl<sub>2</sub> و (80ml/lit) HCl بود.

ابتدا فوم پلی اورتان در شستشو می شود تا سطح آن از چربی و آلودگی پاک شود. محلولی اسیدی به منظور اچ شیمیایی مورد استفاده قرار می گیرد. محلول اسیدی SnCl<sub>2</sub> برای حساس سازی و محلول اسیدی PdCl<sub>2</sub> یا AgNO<sub>3</sub> برای فعال سازی استفاده می شود. که در این پژوهش از PdCl<sub>2</sub> استفاده شده است [2, 5, 6, 7].



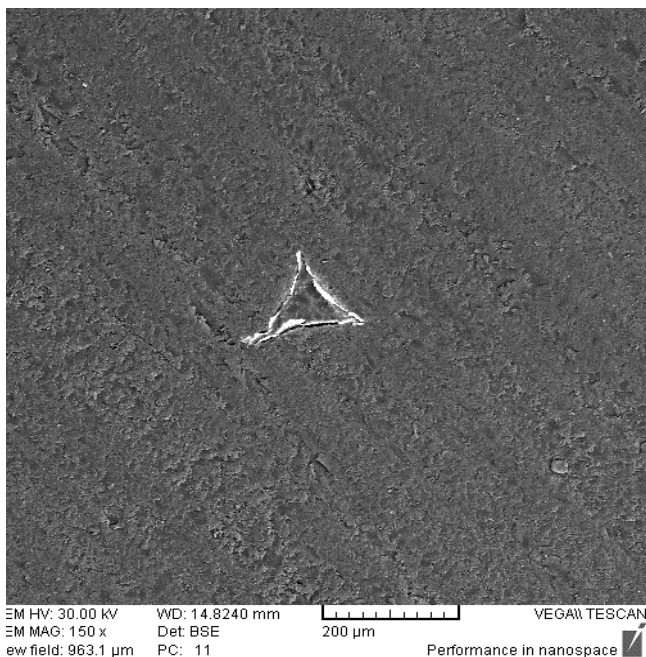
بر اساس واکنش اشاره شده طی این مرحله یون های Sn<sup>2+</sup> یون های Pd<sup>2+</sup> را احیا می کنند. ذرات Pd جذب سطح پلی اورتان می شوند و نیکل بر روی این ذرات کاتالیستی رسوب می کند. سپس اتم های نیکل

شکل 1. نمودار تغییرات نرخ رسوب بر حسب غلظت NiCl<sub>2</sub>



شکل 2. نمودار تغییرات ضخامت رسوب بر حسب غلظت NiCl<sub>2</sub>

شکل 3 نمونه ای از تصاویر SEM از سطح مقطع بازوهای پلیمری پوشش داده را نشان می دهد که به منظور اندازه گیری ضخامت لایه نیگلی تهیه شده اند.

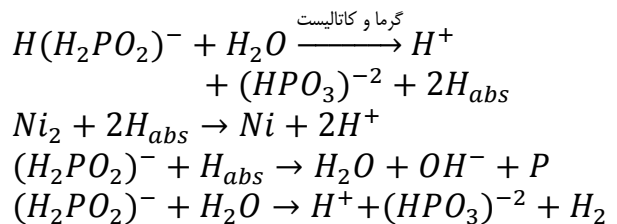


شکل 3. نمونه ایی از تصاویر SEM از سطح مقطع بازوی پلیمری پوشش داده شده به روش غیرالکتریکی

## 2-2. بررسی تاثیر دما

نرخ رسوب، ساختار، مورفولوژی و خواص مکانیکی لایه رسوبی تحت تاثیر ترکیب و دمای حمام است. دمای حمام نقش بسیار مهمی طی فرآیند آبکاری ایفا می کند و تعیین کننده ساختار و خواص رسوب به دست آمده است.

این مرحله به مدت 15 دقیقه در دمای 35 °C انجام گرفت. بعد از مرحله حساس سازی و شستشوی نمونه پلیمری در آب مقطر، نمونه حساس شده وارد محلول فعال سازی شد. ترکیب محلول مورد استفاده حاوی PdCl<sub>2</sub> (0/5gr/lit) و HCl (800 ml/lit) بود. بعد از مرحله فعال سازی و شستشوی با آب مقطر، نمونه وارد حمام آبکاری غیرالکتریکی می شود. مقبولترین مکانیزم پیشنهاد شده برای فرآیند آبکاری غیر الکتریکی نیکل احیاء شونده با هیپوفسفیتم سدیم از طریق واکنش های زیر شرح داده می شود.



## 3-1- نرخ و ضخامت رسوب

در این پژوهش برای اندازه گیری نرخ رسوب بر اساس تغییرات وزنی فوم پلیمری قبل و بعد از فرآیند پوشش دهی از فرمول زیر استفاده شد.

$$V = (m_2 - m_1) / m_1 \dots \dots \dots (1)$$

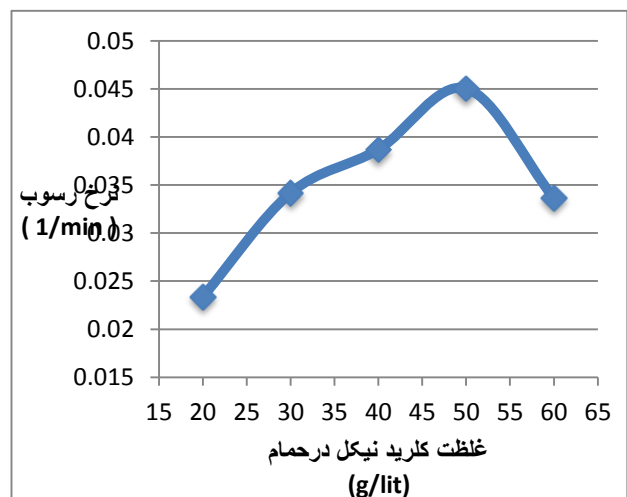
که در رابطه فوق V نرخ رسوب، m<sub>1</sub> وزن اولیه، m<sub>2</sub> وزن ثانویه، t مدت زمان آبکاری است [10].

برای ضخامت سنجی، نمونه ها مانت سرد شده و سپس تا 800 سمباده زده شدند. نمونه های آماده شده زیر میکروسکوپ نوری و SEM مورد مطالعه قرار گرفتند.

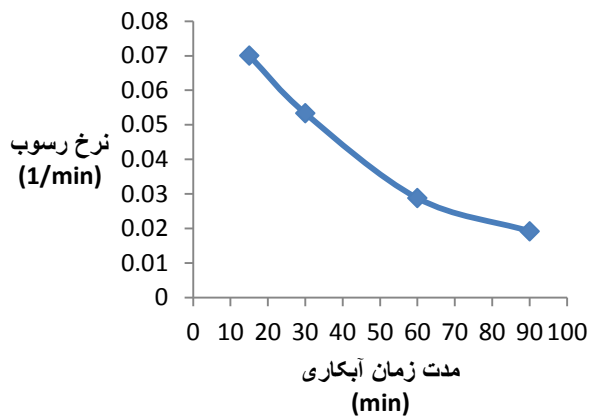
## 2- نتایج و بحث

### 1-2. بررسی تاثیر غلظت کلرید نیکل

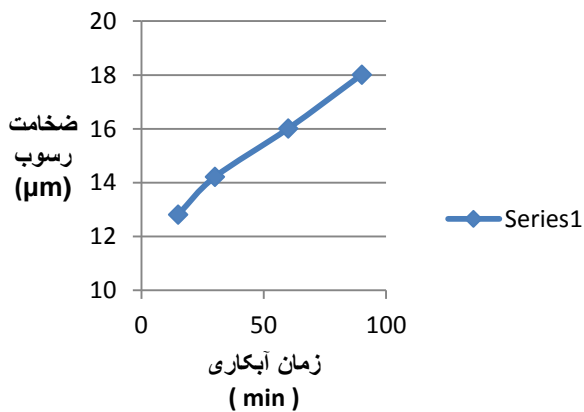
تاثیر تغییرات مقدار NiCl<sub>2</sub> بر نرخ و ضخامت رسوب در شکل 1 و 2 نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می شود افزایش مقدار NiCl<sub>2</sub> باعث افزایش نرخ رسوب و ضخامت پوشش تشکیل شده می شود. هنگامی که مقدار CuSO<sub>4</sub> بیشتر از 50g/L می شود، پایداری حمام کاهش یافته و پوشش دانه درشتی حاصل می شود.. هنگامی که غلظت NiCl<sub>2</sub> به 50 g/lit می رسد، نرخ و ضخامت رسوب بیشترین مقدار خود را دارد. نتایج نشان می دهد که بهترین مقدار برای غلظت NiCl<sub>2</sub>، 50 g/L است.



### اثر زمان بر نرخ رسوب



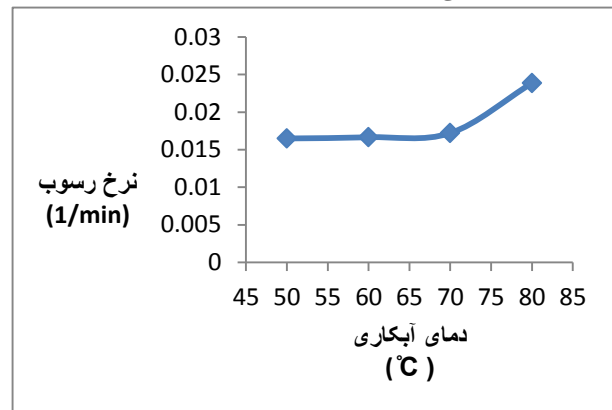
شکل 6. اثر زمان آبکاری بر نرخ رسوب در آبکاری غیر الکتریکی نیکل



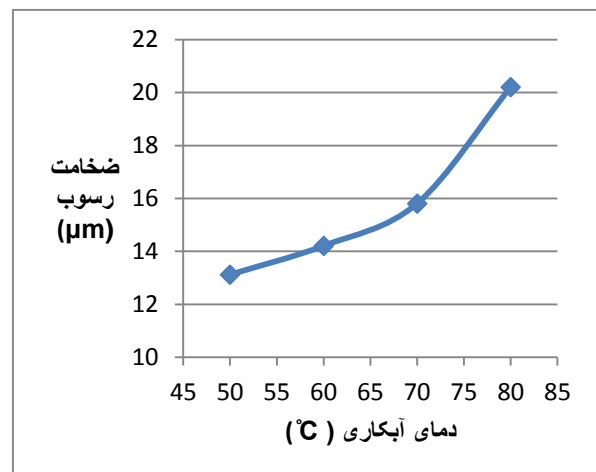
شکل 7. نمودار تغییرات ضخامت رسوب بر حسب زمان آبکاری

شکل 8 تصویر SEM از فوم پلی اورتان مورد استفاده به عنوان زیرلایه قبل و بعد از فرآیند آبکاری غیر الکتریکی نشان می دهد.

همانطور که شکل 4 نشان می دهد، در محدوده دمایی بین  $50 - 80$ ، با افزایش دما نرخ رسوب به صورت چشم گیری افزایش می یابد. این رفتار ناشی از وابستگی سینتیک چهار واکنش ذکر شده در فرآیند آبکاری است. همانطور که در شکل 5 مشاهده می شود، ضخامت سنجی های انجام شده نیز همین مطلب را تایید می کند که با افزایش دمای حمام آبکاری، ضخامت رسوب نیز افزایش می یابد و در دماهای بالاتر از،  $60$  ضخامت رسوب کاهش پیدا می کند.



شکل 4. نمودار تغییرات نرخ رسوب بر حسب دما



شکل 5. نمودار تغییرات ضخامت رسوب بر حسب تغییرات دما

### 3-2. تاثیر زمان

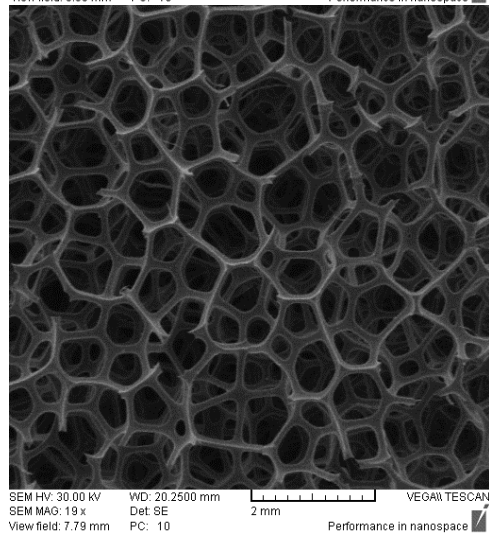
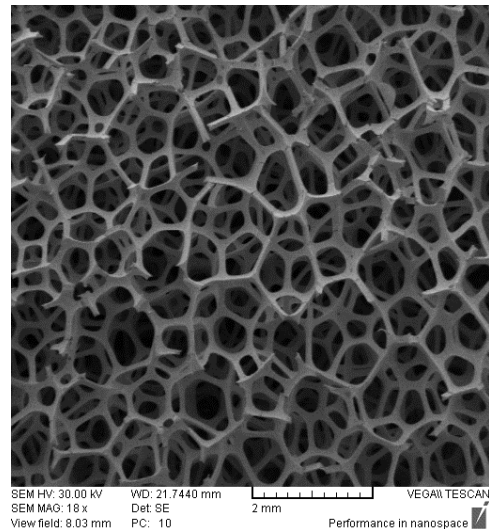
در گام بعدی اثر زمان بر نرخ رسوب و ضخامت آن مورد بررسی قرار گرفت. در این مرحله دما و ترکیب حمام برای تمامی نمونه ها یکسان بود. چهار نمونه آماده شده در چهار حمام با دمای  $70^{\circ}\text{C}$  به مدت زمانهای متفاوت 15، 30، 60 و 90 min نگه داشته شدند. همانند مرحله قبل وزن نمونه ها پس از اچ شیمیایی و پس از آبکاری غیر الکتریکی نمونه ها اندازه گیری شد و محاسبات مربوط به نرخ رسوب نیز انجام شد.

پایداری حمام از بین رفته و عملاً رسوبی بر روی زیر لایه پلیمری تشکیل نشد. بیشترین نرخ رسوب و ضخامت پوشش مربوط به نمونه آبکاری شده در دمای  $80^{\circ}\text{C}$  بود. بنابراین بهترین دمای آبکاری غیر الکتریکی در شرایط حاکم بر آزمایشات تحقیق حاضر حدود  $80^{\circ}\text{C}$  است.

3- در فرایند آبکاری غیر الکتریکی با گذشت زمان ضخامت پوشش حاصله افزایش یافته و نرخ رسوب کاهش می یابد که البته روند تغییرات نرخ رسوب پس از گذشت زمان 15 min مورد آزمایش قرار گرفته است. نمی توان نتیجه گرفت که زمان 15 min بهترین زمان آبکاری است زیرا در بسیاری از کاربردها به یک حداقل ضخامت رسوب نیاز است، که ممکن است در زمان 15 min میسر نشود. پس بسته به ضخامت مورد نیاز زمان بهینه آبکاری غیر الکتریکی متغیر است.

### مراجع:

- 1- دیواندری. مهدی، شاهرودی. حمیدرضا، گلپایگانی. علیرضا (1385)، فوم های فلزی، دانشگاه علم و صنعت ایران
- 2-Mallory G.O., Hadju J.B., (2005) "Electroless plating fundamentals & applications", Noyes publications.
- 3-Sacher E., (2002) "Metallization of Polymers 2", Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- 4-Schlesinger M., Paunovic M., (2010) "Modern Electroplating", John Wiley and Sons.
- 5-Divandari. M, Hajjari. E., Mirhabibi. A. R (2004), "The Study of Electroless Coating Of Nickel On Carbon Fibers", Iranian Journal of Materials Science & Engineering, Vol. 1, No. 1.
- 6-Ambat R., Zhou W., (2004) "Electroless nickel-plating on AZ91D magnesium alloy: effect of substrate microstructure and plating parameters", Surface and Coatings Technology, Volume 173. pp. 124-134.
- 7-Domenech S. C., Lima E., Drago V., De Lima J. C., Borges N. G., Avila A. O. V, Soldi V, (2003) "Electroless plating of nickel-phosphorous on surface-modified poly(ethylene terephthalate) films", Applied Surface Science 220, pp. 238-250
- 8-Gao J., Tang T., Ren J., (2005), "Electroless nickel deposition on amino-functionalized silica spheres", Surface & Coatings Technology 200, pp. 2249-2259.
- 9-Haque I.U., Ahmad S., Khan A., (2004) "Electroless Nickel Plating on ABS Plastics from Nickel Chloride and Nickel Sulfate Baths", Jour.Chem.Soc.Pak, Vol. 27, NO. 3, pp. 246-249.



(a)

(b)

شکل 8. تصاویر SEM از (a) فوم پلی اورتان قبل از فرایند پوشش دهی (b) فوم پلی اورتان بعد از فرایند آبکاری غیر الکتریکی نیکل

### نتیجه گیری

- 1- افزایش غلظت کلرید نیکل در حمام آبکاری غیر الکتریکی نیکل باعث افزایش سریع نرخ رسوب می گردد. ولی این افزایش نرخ رسوب تا زمانی ادامه پیدا می کند که غلظت کلرید نیکل موجود در محلول به مقادیر بالاتر از 50 gr/lit تجاوز نکند. بیشترین نرخ رسوب و بیشترین ضخامت پوشش مربوط به نمونه ای است که در محلول حاوی 50 gr/lit کلرید نیکل آبکاری شده است. در نتیجه بهترین مقدار غلظت کلرید نیکل برای حمام انتخاب شده در این مطالعه 50 gr/lit است.
- 2- افزایش دمای آبکاری نرخ رسوب را افزایش می دهد. این پدیده در تحقیق حاضر در محدوده 50 تا 80 درجه سانتیگراد مشاهده شد. البته در آزمایشی که در دمای  $90^{\circ}\text{C}$  انجام شد،

10-Tian Q.H., Guo X.Y., (2010) “Electroless copper plating on microcellular polyurethane foam”, Trans. Nonferrous Met. Soc. China20, pp. 283-287.

↑ تا حد امکان دو ستون موجود در صفحه آخر را تراز کنید. ↑