

PENYADURAN NIKEL TANPA ELEKTRIK KE ATAS PLASTIK ABS BERGRED TIDAK BOLEH DISADUR

M. N. MOHAMAD IBRAHIM¹, M. E. IZAT², L. L. LAU³ & T. K. ABDULLAH⁴

Abstrak. Kajian ini adalah menyadur plastik Akrilonitril-Butadiena-Stirena (ABS) yang bergred tidak boleh disadur dengan logam nikel menggunakan teknik salutan lapisan bawah. Kaedah salutan lapisan bawah yang diperkenalkan dalam kajian ini didapati mampu memberikan kualiti penyaduran yang memuaskan. Beberapa jenis bahan serta campuran bahan diuji keberkesanan masing-masing agar dapat bertindak sebagai lapisan laker atau sampang. Hasil pemerhatian kualitatif mendapati bahawa sampang yang diperbuat daripada *n*-butil asetat memberikan kualiti penyaduran yang terbaik berbanding dengan empat lagi bahan atau campuran bahan yang lain iaitu campuran polivinil klorida (PVC) dan bahan pemplastik diisononil ftalat (DINP-S), campuran PVC dan *n*-butil asetat, etil asetat dan campuran *n*-butil asetat dan 2-propanol. Selain kelihatan lebih menarik, penyaduran logam nikel ke atas substrat melalui kaedah ini yang menggunakan *n*-butil asetat sebagai sampang memberikan kekuatan saduran yang setanding dengan kaedah konvensional.

Kata kunci: Plastik ABS, gred tidak boleh disadur, salutan lapisan bawah, kualiti penyaduran

Abstract. This study is to coat the non-platable grade Acrylonitrile-Butadiene-Styrene (ABS) plastic with nickel by using underlayer coating technique. The underlayer coating technique introduced in this study has been proven to give satisfactory quality of plating. Several types of substances and their mixture were tested for their effectiveness as a lacquer. Results from qualitative observation showed that lacquer which was made from *n*-butyl acetate gives the best quality of coating compared to the other four substances or mixture which are the mixture of polyvinyl chloride (PVC) and diisononyl phthalate (DINP-S), mixture of PVC and *n*-butyl acetate, ethyl acetate and a mixture of *n*-butyl acetate and 2-propanol. Besides being more attractive, the nickel plating on the substrate using this method which used *n*-butyl acetate as lacquer gave comparable coating strength with the conventional method.

Keywords: ABS plastic, non-platable grade, underlayer coating, quality of plating

1.0 PENGENALAN

ABS atau Akrilonitril-Butadiena-Stirena merupakan campuran termoplastik amorfus yang biasanya terdiri daripada 15%-35% akrilonitril, 5%-30% butadiena dan 40%-60% stirena [1]. Akrilonitril memberi sifat ketahanan terhadap haba dan juga bahan kimia, manakala butadiena yang bersifat seperti getah memberikan sifat kemuluran dan ketahanan terhadap hentaman. Stirena pula memberikan kesan kilauan pada permukaan plastik ABS. ABS mempunyai ketahanan yang baik terhadap ketegangan

^{1,2,3&4}Pusat Pengajian Sains Kimia, Universiti Sains Malaysia, 11800 Minden, Pulau Pinang, Malaysia

dan bahan kimia seperti alkali, larutan garam tak organik serta asid mineral (kecuali asid pengoksidaan yang kuat).

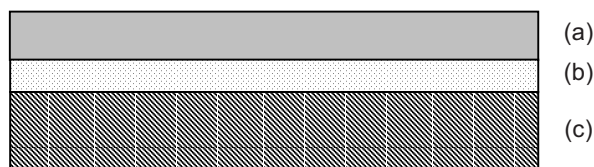
Kumpulan nitril adalah berkutub dan mengikat monomer-monomer stirena dan butadiena antara satu sama lain lalu menyebabkan ABS lebih kuat daripada polistirena tulen. Antara sifat-sifat plastik ABS adalah seperti berikut [2]:

- (i) Mempunyai ketahanan yang baik terhadap regangan dan hentaman
- (ii) Mempunyai ketahanan terhadap pelepasan
- (iii) Mempunyai ketahanan terhadap haba dan bahan-bahan kimia
- (iv) Mempunyai kestabilan dimensi
- (v) Mempunyai permukaan yang keras

ABS boleh digunakan untuk aplikasi-aplikasi luaran seperti pembinaan sistem pempaipaan, topi keledar dan sebagainya. Namun begitu, pendedahan yang berterusan terhadap cahaya matahari boleh menyebabkan perubahan warna pada plastik ABS dan juga mengurangkan kilauan pada permukaan, kekuatan hentaman dan kemuluran [2]. Walau bagaimanapun, kekuatan regangan dan kekerasan ABS tidak dipengaruhi oleh pendedahan yang berterusan terhadap cahaya matahari.

Resin ABS secara semulajadinya wujud dalam dua keadaan, iaitu legap dan lutsinar. ABS boleh diubah warnanya dengan menggunakan pigmen tertentu mengikut kehendak pengguna. Ia juga mempunyai gred tertentu yang disesuaikan dengan penggunaannya. Contohnya, sesetengah gred ABS dicipta khas untuk disesuaikan penggunaannya dalam proses penyaduran dengan elektrik. Struktur molekulnya dilakukan pengubahsuaian agar proses penyaduran tersebut berjalan dengan lancar, mudah dikawal dan lebih ekonomi. Mencampurkan ABS dengan resin lain juga didapati mampu menghasilkan sifat-sifat istimewa. Contohnya, ABS yang dicampurkan dengan polikarbonat boleh menghasilkan produk yang mempunyai ketahanan yang lebih baik terhadap haba dan hentaman jika dibandingkan dengan ABS tulen [2].

Dalam proses penyaduran tanpa elektrik, plastik ABS atau substrat dari gred yang boleh disadur diperlukan. Hal ini menyebabkan aplikasi proses penyaduran ini terhad kepada jenis substrat yang tertentu sahaja. Objektif utama kajian ini ialah untuk menyadurkan plastik ABS dari gred yang tidak boleh disadur dengan logam nikel melalui kaedah penyaduran tanpa elektrik. Justeru, kajian ini merupakan usaha awal untuk mengenenangkan permasalahan ini. Dalam kajian ini, kaedah yang digunakan untuk merawat permukaan substrat adalah dengan menambahkan satu lapisan laker/sampang pada permukaan substrat. Lapisan ini mestilah mempunyai sifat-sifat seperti dapat membentuk ikatan yang kuat dengan substrat dan boleh dirawat dengan kaedah pra-rawatan konvensional untuk menghasilkan penyaduran logam yang baik dan kuat. Lapisan-lapisan pada permukaan substrat ditunjukkan seperti dalam Rajah 1.



Rajah 1 Lapisan-lapisan pada permukaan substrat (a) lapisan logam, (b) lapisan laker/sampang, (c) substrat

2.0 BAHAN DAN KAEDAH

2.1 Penyediaan Larutan-larutan Pra-rawatan [3]

Proses penyaduran tanpa elektrik melibatkan beberapa langkah, iaitu punaran, penutralan, pengaktifan, pemecutan dan penyaduran. Larutan Punaran disediakan dengan melarutkan kromium trioksida (CrO_3) 80.0 g dalam asid sulfurik pekat (96%) 44.0 mL. Kemudian, 5 mL agen pembasah komersial, iaitu Enthone Wetter 620 yang dibekalkan oleh Syarikat Enthone OMI (M) Sdn. Bhd. ditambah kepada larutan tersebut. Seterusnya, air suling ditambah sehingga larutan mencapai isipadu 200 mL.

Larutan penutralan disediakan dengan melarutkan 70.0 g natrium tartrat ($\text{Na}_2\text{C}_4\text{O}_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) dalam 50% w/v natrium hidroksida (NaOH) 50 mL. Air suling (150 mL) dan hidrazina terhidrat ($\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$; 99%) 25 mL kemudiannya ditambah dan larutan tersebut dikacau. Seterusnya, air suling ditambah sehingga isipadu larutan menjadi 500 mL dan larutan dikacau dengan pengacau magnet jenis Favorit sehingga larutan menjadi tidak berwarna.

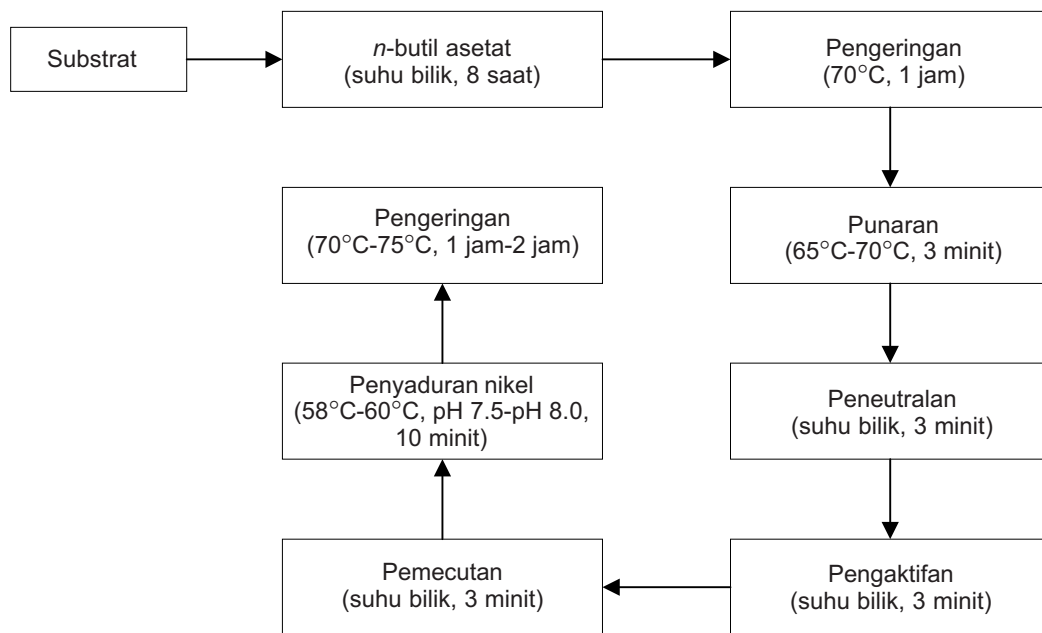
Larutan pengaktifan disediakan seperti berikut: paladium klorida kontang (PdCl_2) 0.40 g dilarutkan ke dalam asid hidroklorik pekat (HCl; 32%) 40 mL, larutan kemudian dicairkan dengan air suling 40 mL. Stanum (II) klorida ($\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (0.952 g) dilarutkan ke dalam 40 mL air suling di dalam suatu bikar yang lain. Larutan ini kemudiannya dituangkan ke dalam larutan PdCl_2 dan diadun selama 20 minit. Larutan ini dilabelkan sebagai larutan pertama. Stanum (II) klorida ($\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 22.85 g dilarutkan ke dalam asid hidroklorik pekat (HCl; 32%) 50 mL. Kemudian, natrium stanat ($\text{NaSnO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) 2.80 g dilarutkan ke dalam HCl 30 mL di dalam satu bikar lain. Kedua-dua larutan tersebut dicampurkan dan dikacau sehingga homogen. Larutan ini kemudiannya dicampurkan ke dalam larutan pertama tadi.

Larutan pemecutan disediakan dengan menambahkan asid hidroklorik pekat (HCl; 32%) sedikit demi sedikit ke dalam air suling 200 mL sehingga mencapai pH 0.7-1.0.

Larutan tanpa elektrik nikel disediakan daripada larutan penyaduran nikel komersial, iaitu Enplate Ni-881 A dan Enplate Ni-881 B. Larutan ini juga dibekalkan oleh Syarikat Enthone OMI (M) Sdn. Bhd. Air suling 300 mL dimasukkan ke dalam kelalang isipadu 500 mL. Enplate Ni-881 A 23 mL ditambah ke dalam kelalang

isipadu tersebut dan digoncang dan seterusnya diikuti dengan penambahan Enplate Ni-881 B 32 mL. Larutan tersebut digoncang dengan sebaik mungkin. Akhir sekali, air suling ditambah sehingga mencapai paras 500 mL dan digoncang. Prosedur ini adalah seperti yang dicadangkan oleh pihak pembekal iaitu Syarikat Enthone OMI (M) Sdn. Bhd.

Ringkasan kaedah salutan lapisan laker yang digunakan untuk penyaduran nikel tanpa elektrik adalah seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.



Rajah 2 Ringkasan penyaduran nikel tanpa elektrik melalui teknik salutan lapisan bawah ke atas substrat plastik ABS dari gred tidak boleh disadur

2.2 Penyaduran Nikel Tanpa Elektrik ke atas Substrat

Substrat ABS hasil daripada proses Pencontoh Sulungan Pantas (PSP) yang bergred tidak boleh disadur berukuran 6 cm × 2 cm × 0.2 cm dicuci terlebih dahulu dengan merendamkannya ke dalam larutan detergen yang telah dicairkan dan dibilas dengan air suling sebelum dikeringkan pada suhu bilik. Substrat ini kemudiannya dilabelkan sebagai Sampel 1, 2, 3, 4 dan 5 yang masing-masing dirawat dengan bahan-bahan pra-rawatan untuk penghasilan laker/sampang seperti yang disenaraikan dalam Jadual 1.

Setiap substrat dicelup ke dalam bahan pra-rawatan masing-masing sedalam 4 cm dan dikeluarkan dengan perlahan-lahan supaya satu lapisan yang nipis dan seragam (sampang/laker) tersalut pada permukaan substrat. Proses pencelupan tersebut

Jadual 1 Bahan-bahan bagi penghasilan laker/sampang yang diuji dalam kajian ini

Sampel	Bahan pra-rawatan
1	Resin polimer (83 g serbuk polivinil klorida (PVC) dalam bahan pemplastik diisononil ftalat, DINP-S) 67 mL
2	Resin polimer (2 g PVC dalam 100 mL <i>n</i> -butil asetat)
3	Etil asetat bergred analisis
4	<i>n</i> -Butil asetat bergred analisis
5	Campuran <i>n</i> -butil asetat dan 2-propanol (1:1) bergred analisis

dilakukan selama 16 saat untuk memastikan tiada gelembung udara yang wujud pada permukaan yang telah disalut dengan lapisan laker tersebut. Substrat yang telah disalut ini dikeringkan di dalam ketuhar pada suhu 70°C selama 1 jam. Selepas itu, substrat dikeluarkan dari ketuhar dan dibiarkan sejuk ke suhu bilik. Substrat kemudiannya direndam ke dalam larutan punaran pada suhu 65°C-70°C selama 3 minit. Substrat kemudiannya dibilas dengan air suling sehingga kesemua larutan berwarna jingga yang terlekat pada permukaannya disingkirkan. Substrat kemudiannya direndam ke dalam larutan peneutralan selama 3 minit dan dibilas dengan air suling. Seterusnya, substrat dirawat dengan larutan pengaktifan pada suhu bilik selama 3 minit. Substrat dikeluarkan dari larutan pengaktifan dan dimasukkan dengan segera ke dalam larutan pemecutan. Selepas 3 minit, substrat dikeluarkan dari larutan pemecutan dan dibilas dengan air suling. Kemudian, substrat direndam ke dalam larutan tanpa elektrik nikel komersial pada suhu 58°C-60°C dan pH 7.5-pH 8.0 selama 10 minit. Proses penyaduran ini dilakukan di dalam kukusan air. Selepas itu, substrat dikeluarkan, seterusnya dibilas dengan air suling dan dikeringkan di dalam ketuhar pada suhu 70°C-75°C selama 1 jam hingga 2 jam. Substrat kemudiannya dikeluarkan dari ketuhar dan pemerhatian dilakukan. Kesimpulan dibuat berdasarkan pemerhatian yang diperolehi.

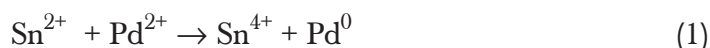
3.0 KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Dalam kajian ini, beberapa bahan kimia telah dikaji dan ditentukan kesesuaiannya untuk dijadikan lapisan laker. Daripada Rajah 3, didapati bukan semua bahan pra-rawatan bagi penghasilan sampang yang dikaji dalam eksperimen ini dapat memberikan penyaduran yang baik. Substrat yang dirawat dengan resin polimer PVC dalam bahan pemplastik DINP-S langsung tidak tersadur. Resin polimer PVC yang digunakan akan menyaluti permukaan substrat dan membentuk satu permukaan baru yang bersifat hidrofobik. Permukaan hidrofobik ini tidak mempunyai afiniti yang baik terhadap penukleasan logam paladium ke atas substrat. Logam paladium yang terdapat di dalam larutan pengaktifan diperlukan sebagai mangkin untuk memulakan proses penganapan logam nikel ke atas substrat yang tidak konduktif.

1 2 3 4 5

Rajah 3 Hasil penyaduran substrat dengan menggunakan bahan pra-rawatan yang berbeza; (1) PVC/DINP-S, (2) PVC/*n*-butil asetat, (3) etil asetat, (4) *n*-butil asetat dan (5) *n*-butil asetat/2-propanol

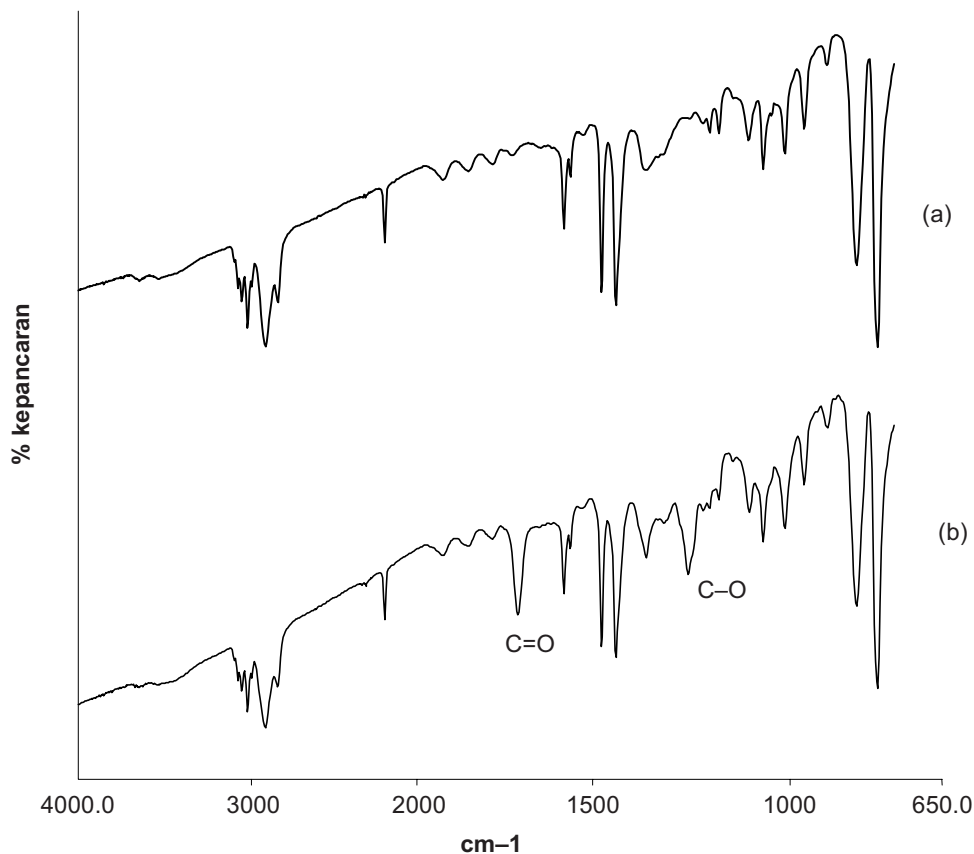
Selain daripada itu, permukaan baru ini juga mampu menjerap ion Cr^{6+} yang mengakibatkan satu lapisan berwarna jingga terhasil pada substrat. Kromium heksavalen ini akan mengoksidakan ion Sn^{2+} yang terdapat di dalam larutan pengaktifan dan memendekkan jangka hayat penggunaannya. Ion Sn^{2+} merupakan agen penurunan yang sangat baik yang diperlukan untuk menurunkan ion Pd^{2+} kepada logam paladium. Jika ion Sn^{2+} telah dioksidakan, ion Pd^{2+} tidak dapat diturunkan kepada logam paladium dan seterusnya menyebabkan penganapan nikel ke atas substrat tidak berlaku. Mekanisme penurunan ion Pd^{2+} kepada logam paladium adalah seperti dalam Persamaan (1) [4]:



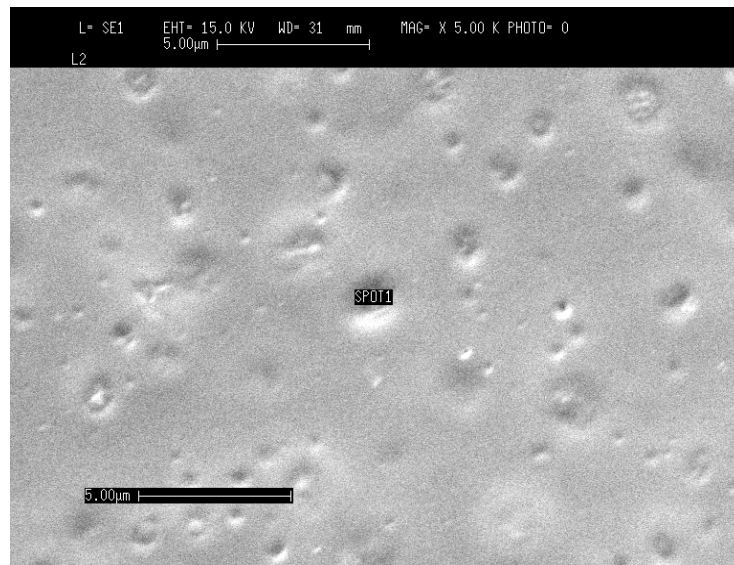
Substrat yang dirawat dengan resin polimer PVC dalam *n*-butil asetat pula dapat memberikan penyaduran. Walau bagaimanapun, hasilnya kurang memuaskan kerana lapisan logam yang tersadur adalah kasar serta menggerutu. Hal ini disebabkan taburan polimer PVC yang tidak seragam pada permukaan substrat. Resin PVC yang homogen amat sukar disediakan kerana polimer PVC akan termendak pada bahagian bawah resin dengan cepat. Etil asetat merupakan bahan pra-rawatan yang agak baik tetapi kelemahannya ialah ia mempunyai takat didih yang terlalu rendah dan menyebabkannya cepat meruap. Takat didih etil asetat ialah 77°C . Jadi, ia juga tidak sesuai digunakan sebagai bahan pra-rawatan. Bahan pra-rawatan campuran *n*-butil asetat dan 2-propanol memberikan hasil yang hampir sama seperti *n*-butil

asetat. Walau bagaimanapun, permukaannya kurang berkilat berbanding dengan hanya menggunakan *n*-butil asetat. Justeru, didapati *n*-butil asetat memberikan keputusan penyaduran yang paling memuaskan. Lapisan logam yang tersadur adalah berkilat dan menyebabkannya kelihatan lebih menarik berbanding dengan bahan-bahan yang lain.

Kekuatan pengikatan lapisan logam terhadap permukaan substrat bergantung kepada dua faktor utama, iaitu sifat hidrofilik dan kekasaran mikro permukaan substrat [5]. Substrat yang dirawat dengan *n*-butil asetat memiliki sifat hidrofilik yang disebabkan oleh kehadiran kumpulan C–O dan C=O [6]. Kehadiran kumpulan C–O dan C=O yang masing-masing pada panjang gelombang 1243 cm^{-1} dan 1734 cm^{-1} ditunjukkan dalam Rajah 4. Di samping itu, *n*-butil asetat juga berfungsi sebagai agen punaran lemah dengan menyingkirkan globul-globul butadiena yang mudah terpunar pada permukaan plastik ABS dan menyebabkan terhasilnya permukaan berlekuk seperti yang ditunjukkan dalam mikrograf mikroskop pengimbasan elektron (SEM) yang diwakili oleh Rajah 5.

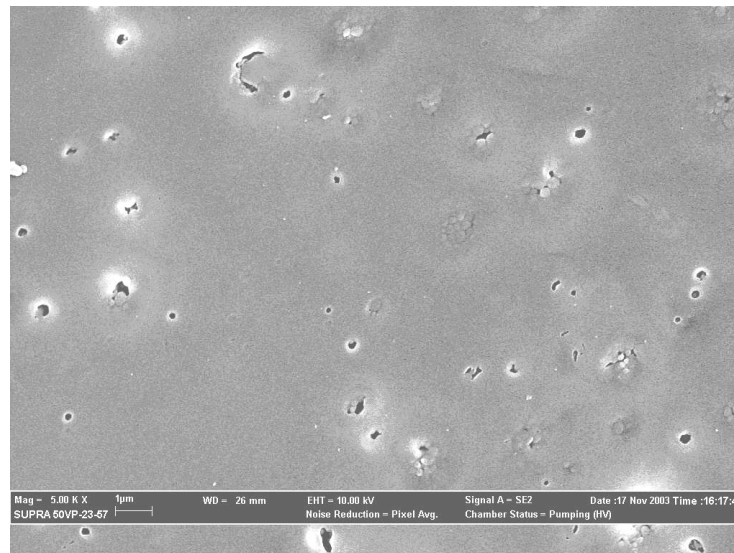


Rajah 4 Spektrum inframerah bagi (a) substrat asal, (b) substrat selepas dirawat dengan *n*-butil asetat

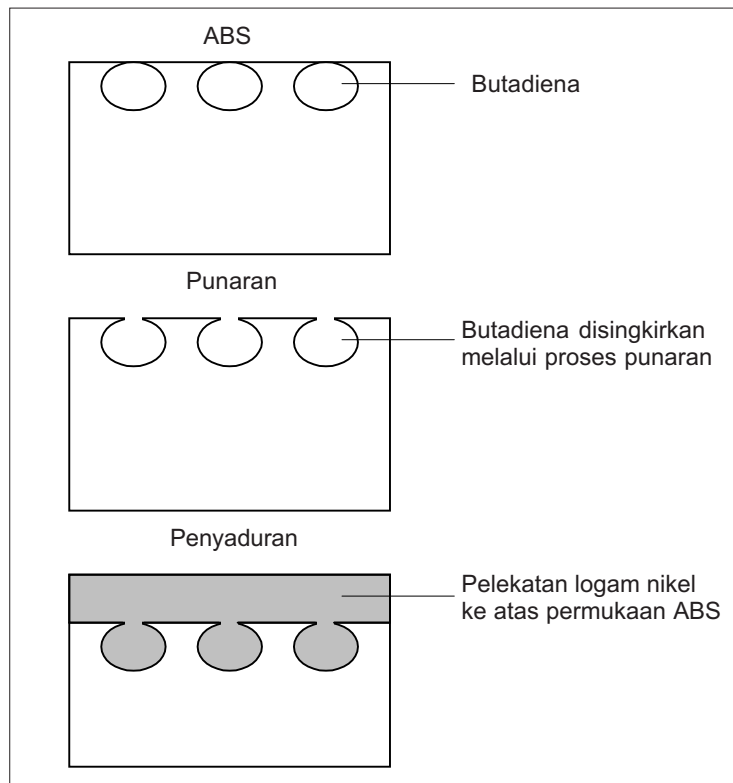


Rajah 5 Permukaan substrat selepas dirawat dengan *n*-butil asetat selama 8 saat di bawah pembesaran 5000×

Seterusnya, larutan punaran (campuran CrO_3 dan H_2SO_4) akan menyingkirkan globul-globul butadiena yang mudah terpunar pada permukaan substrat dan meninggalkan lubang-lubang seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 6. Kesan sauh



Rajah 6 Permukaan substrat selepas dirawat dengan *n*-butil asetat (8 saat) dan punaran (65°C - 70°C , 3 minit) di bawah pembesaran 5000×



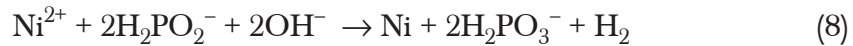
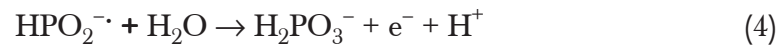
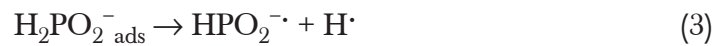
Rajah 7 Kesan sauh atau “*anchor effect*” dalam mekanisme pelekatan lapisan logam kepada permukaan plastik [7]

atau “*anchor effect*” seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 7 hasil daripada proses punaran akan meningkatkan lagi kekuatan lekatan lapisan logam kepada substrat. Seterusnya, kehadiran kumpulan-kumpulan berketub ini (C–O dan C=O) mampu memerangkap ion-ion Sn^{2+} dan Pd^{2+} dalam larutan pengaktifan dan membentuk komponen kompleks pada permukaan plastik ABS. Ion Sn^{2+} yang terjerap akan bertindak sebagai agen penurunan dengan mengoksidakan ion Pd^{2+} kepada logam paladium.

Lapisan paladium yang terenal pada permukaan plastik semasa proses pengaktifan merupakan mangkin pendehidrogenan yang baik. Semasa penyaduran, lapisan paladium ini akan menurunkan ion Ni^{2+} kepada logam Ni. Maka, satu lapisan nikel akan tersadur dengan cepatnya di atas permukaan paladium. Permukaan nikel yang baru terenal ini terus berfungsi sebagai mangkin pendehidrogenan untuk tindak balas penyaduran seterusnya [8]. Apabila masa penyaduran bertambah, lebih banyak lapisan nikel yang terenal pada permukaan substrat dan seterusnya menyebabkan ketebalan penyaduran meningkat.

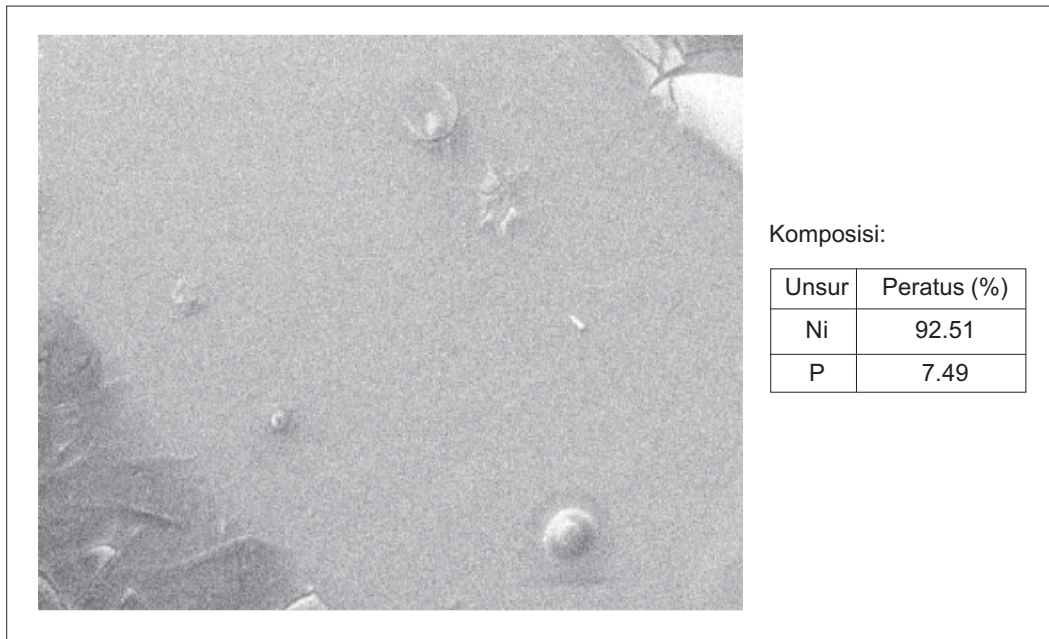
Penyaduran secara autopemangkinan melibatkan dua proses iaitu tindak balas anodik (pengoksidan hipofosfit) dan tindak balas katodik (penurunan logam,

hipofosfit dan proton) [9]. Langkah permulaan penyaduran tanpa elektrik dikawal oleh tindak balas anodik iaitu penjerapan hipofosfit pada permukaan bermangkin (lapisan paladium) dan diikuti dengan pemutusan ikatan P-H seperti yang ditunjukkan dalam Persamaan (2) dan Persamaan (3). Tindak balas penjerapan dan pendehidrogenan ini dikawal oleh spesies Ni^+_{ads} yang terhasil daripada tindak balas katodik. Dengan merujuk pada Persamaan (4), didapati radikal $\text{HPO}_2^{\cdot-}$ yang dihasilkan dalam tindak balas pendehidrogenan adalah mudah mengalami pengoksidaan. Dalam tindak balas katodik pula, penganapan logam nikel berlaku dalam dua peringkat seperti yang diwakili oleh Persamaan (5) dan (6). Gas hidrogen juga dihasilkan sebagai bahan sampingan semasa penganapan logam melalui tindak balas yang ditunjukkan oleh Persamaan (7). Tindak balas keseluruhan penyaduran nikel adalah seperti yang ditunjukkan oleh Persamaan (8) [4].



Rajah 8 menunjukkan permukaan substrat selepas disadur dengan logam nikel. Morfologi dan kefleksibelan saduran nikel yang terbentuk pada permukaan substrat bergantung kepada kandungan fosforus yang dikawal oleh pH larutan tanpa elektrik nikel [5,9]. Kandungan fosforus berkurang apabila pH meningkat. Dikatakan saduran nikel dengan kandungan fosforus yang tinggi mempunyai struktur amorfus dan lebih fleksibel. Sebaliknya, saduran nikel dengan kandungan fosforus yang rendah mempunyai struktur hablur dan kurang fleksibel. Ujian penyerakan tenaga sinar-X (EDX) telah dijalankan ke atas substrat yang telah disadur dengan logam nikel pada pH 7.5-pH 8.0. Daripada keputusan EDX yang diperolehi (Rajah 8), didapati kandungan fosforus pada permukaan lapisan adalah sebanyak 7.49%. Ini meletakkan saduran nikel yang diperolehi di dalam kategori Ni-8P saduran nikel tanpa elektrik [10] dengan julat kandungan fosforus adalah di sekitar 6%-9%. Struktur nikel dalam kelas ini mempunyai campuran mikrokristal dan hablur.

Kajian ini dilengkapi lagi dengan ujian kekerasan Vickers (*Vickers Hardness Test*). Didapati kekerasan lapisan logam nikel yang tersadur melalui kaedah salutan lapisan bawah adalah agak kuat iaitu mempunyai nilai 11.8 HV/0.5. Angka 11.8



Rajah 8 Permukaan substrat selepas disadur dengan nikel (50°C - 55°C , pH 7.5-pH 8.0, 10 minit) di bawah pembesaran $2000\times$

merupakan nilai kekerasan yang diperoleh manakala 0.5 pula merujuk kepada bebanan spesimen yang digunakan iaitu 0.5 kgf. Hasil daripada ujian kekerasan Vickers ini mendapati bahawa nilai kekerasan bagi kaedah salutan polimer adalah setanding dengan kaedah konvensional (tanpa salutan polimer) [11]. Namun begitu, didapati bahawa masa penyaduran bagi kaedah salutan polimer adalah jauh lebih pantas berbanding masa penyaduran bagi kaedah konvensional [11]. Faktor ini memberikan satu kelebihan bagi kaedah salutan polimer kerana di samping masa penyadurannya lebih cepat, masa hayat rendaman nikel yang digunakan juga dapat bertahan dengan lebih lama. Justeru itu, kos dapat dijimatkan kerana bahan kimia yang diperlukan untuk menyediakan rendaman nikel agak mahal di pasaran.

4.0 KESIMPULAN

Kaedah salutan lapisan laker yang menggunakan bahan pra-rawatan *n*-butil asetat didapati berjaya menyadur plastik ABS dari gred yang tidak boleh disadur dengan baik. Penyaduran yang terhasil adalah memuaskan dan menarik serta mempunyai nilai kekerasan saduran yang agak tinggi.

PENGHARGAAN

Penulis ingin mengucapkan jutaan terima kasih kepada Universiti Sains Malaysia kerana memberi sokongan kewangan terhadap penyelidikan ini dan juga kepada Syarikat Enthone OMI (M) Sdn. Bhd. yang membekalkan rendaman nikel komersial bagi kajian ini.

RUJUKAN

- [1] Laman Web ABS. http://www.apme.org/media/public_documents/200log21.111326/39.pdf. (dilayari pada 16/1/2004)
- [2] Laman Web ABS/SAN. <http://www.plastiquarian.com/abs.htm>. (dilayari pada 24/3/2005)
- [3] Chua, K. S. 1996. Saduran Nikel Secara Electroless pada Suhu Bilik ke atas Plastik ABS. Tesis Sarjana Muda Sains Gunaan. Universiti Sains Malaysia. Malaysia.
- [4] Krulik, G. A. 1978. Electroless Plating of Plastics. *J. Chem. Edu.* 55: 361-365.
- [5] Domenech, S. C. 2003. Electroless Plating of Nickel-phosphorus on Surface-modified Poly(ethylene terephthalate) Films. *J. App. Surf. Sci.* 220: 238-250.
- [6] Yen, P. C. 1995. Improved ABS Plastic Activating Treatment for Electroless Copper Plating. *J. Polymer.* 36(17): 3399-3400.
- [7] Laman Web Kanto Kasei Co. Ltd. <http://www.kantokasei.com>. (dilayari pada 24/7/2004)
- [8] Choo, C. Y. 1995. Kajian Kestabilan Larutan Elektrolis Kuprum Melalui Penyaduran Plastik ABS. Tesis Sarjana Muda Sains Gunaan. Universiti Sains Malaysia. Malaysia.
- [9] Touhami, M. E., E. Chassaing, dan M. Cherkaoui. 2003. Modelisation of Ni-P Electroless Deposition in Ammoniacal Solutions. *J. Electrochim Acta.* 48: 3651-3658.
- [10] Agarwala, R. C., dan V. Agarwala. 2003. Electroless Alloy/Composite Coatings: A Review. *Sadhana.* 28(3-4): 475-493.
- [11] Ruzila, A. U. 2004. Penyaduran Nikel Tanpa Elektrik ke atas Plastik ABS Menggunakan Kaedah Konvensional dan Salutan Polimer. Tesis Sarjana Muda Sains. Universiti Sains Malaysia. Malaysia.