



Istilah **bahan nano** merujuk kepada kelas bahan ultra halus dengan struktur fizikal atau bentuk hablur berukuran kurang daripada 100 nanometer (nm). Satu nanometer adalah setara dengan satu per bilion bahagian di dalam satu meter. Sebagai analogi, garispusat rambut manusia adalah berukuran 10 nanometer manakala garispusat kebanyakan atom berjalut di antara 0.1 ke 0.4 nanometer. Perhatian yang diberikan khususnya kepada bahan nano adalah disebabkan oleh keunikan sifat-sifat bahan yang diperolehi berbanding dengan bahan-bahan pukal yang lain. Contohnya, sifat kekuatan tegangan bahan meningkat 2 ke 3 kali ganda kesan daripada pengurangan saiz butiran berskala nano. Selain daripada itu, takat lebur suatu bahan boleh dikurangkan melalui peningkatan tenaga permukaan hasil daripada pengurangan saiz partikel berskala nano.

Bidang teknologi nano dan bahan nano adalah bidang sains dan kejuruteraan yang sedang pesat berkembang dan membangun seiringan dengan ledakan gelombang teknologi sektor mikroelektronik dan bioteknologi serta turut menyumbang kepada perkembangan kedua-dua bidang ini. Teknologi bagi penghasilan bahan nano dikenali sebagai teknologi nano. Teknologi nano menyediakan potensi untuk merekabentuk dan memanipulasi struktur bahan pada paras atom bagi aplikasi struktur dan bukan struktur. Gabungan bidang sains dan teknologi membolehkan bidang nanoteknologi dimajukan pada paras atom dan molekul.

Banyak aplikasi-aplikasi terkini bahan nano sedang dan telah dibangunkan seperti di dalam industri mikroelektronik, automotif, aeroangkasa, ketenteraan, bio perubatan dan kegunaan umum.

Cip Komputer

Industri mikroelektronik menitikberatkan miniatur atau pengecilan saiz komponen-komponen elektronik seperti transistor, perintang (*resistor*) dan pemuat (*capacitor*). Melalui pencapaian pengurangan saiz yang signifikan, pemproses mikro boleh beroperasi dengan pantas sekaligus membolehkan operasi pengkomputeran dijalankan pada kelajuan yang lebih tinggi. Bahan nano membantu industri masa depan dengan menyediakan penghasilan bahan pemula hablur nano, bahan berketulenan ultra tinggi, bahan dengan sifat kekonduksian terma yang lebih baik dan lebih tahan lama dan juga menghasilkan antara sambungan yang tahan lasak diantara komponen-komponen di dalam pemproses mikro.

Panel Paparan Rata

Pada masa kini, pasaran terbesar panel paparan rata (*flat panel display*) adalah di dalam industri komputer laptop. Negara Jepun merupakan peneraju utama pasaran dunia masa kini seiringan dengan usaha-usaha pembangunan dan penyelidikan (R&D) berterusan yang tertumpu kepada bahan-bahan panel paparan. Penyelidikan terkini yang diusahakan ialah berkenaan dengan proses sintesis fosfor hablur nano yang berkeupayaan meningkatkan resolusi

peranti paparan (*display devices*) yang turut mengurangkan kos pembuatan secara signifikan. Disamping itu juga, panel paparan rata yang dibangunkan melalui penggunaan bahan nano mempunyai kecerahan (*brightness*) dan bezu jelas (*contrast*) yang tinggi berbanding panel paparan rata lazim yang disumbangkan oleh peningkatan dan penambahbaikan sifat-sifat elektrik dan magnetik.

Elektrod Palam Pencucuh

Pada masa kini, enjin-enjin automobil menggunakan bahanapi samada petrol ataupun disel telah menyumbang kepada pencemaran udara melalui pembakaran dalaman (*internal combustion*) bahanapi yang tidak sempurna di dalam enjin. Palam pencucuh (*spark plug*) yang lazim tidak direkabentuk untuk menghasilkan pembakaran bahanapi secara berkesan dan sempurna. Masalah ketidakcekapan palam pencucuh ini berpunca daripada elektrod palam pencucuh yang mengalami haus dan ketidaksempurnaan yang berkaitan.

Bahan nano merupakan suatu bahan yang lebih kuat, lebih keras dan juga mempunyai rintangan haus (*wear*) dan hakisan (*erosion*) yang lebih tinggi berbanding bahan-bahan lazim telah dikenalpasti sebagai bahan ganti masa hadapan bagi aplikasi palam pencucuh. Elektrod palam pencucuh yang diperbuat daripada bahan nano dipercayai akan memanjangkan hayat palam pencucuh dan menghasilkan pembakaran yang lebih cekap dan sempurna. Penghasilan palam pencucuh dimensi baru ini dikenali sebagai *airailplug* masih di dalam peringkat prototaip.

Penghapus Bahan Pencemar

Bahan-bahan nano mempunyai sempadan-semipadan butiran yang besar secara relatif berbanding saiz butirannya. Oleh yang demikian, bahan-bahan nano adalah sangat aktif dan boleh dimanfaatkan untuk penambahbaikan sifat-sifat kimia, fizikal dan mekanikal sesuatu produk. Bahan-bahan nano yang mempunyai aktiviti kimia yang dipertingkatkan boleh digunakan sebagai pemangkin yang bertindakbalas dengan gas-gas toksid dan berbahaya seperti karbon monoksida dan nitrogen oksida di dalam penukar mangkin automobil (*automobile catalytic converters*) dan peralatan penjanaan kuasa untuk melindungi pencemaran alam sekitar daripada pembakaran bahanapi petrol, disel dan arang batu.

Satelit

Satelit digunakan dalam aplikasi pertahanan dan juga kegunaan umum. Satelit-satelit menggunakan roket penjuah (*thruster rocket*) untuk mengekalkan atau mengubah kedudukan orbit satelit yang disebabkan oleh pelbagai faktor termasuklah pengaruh daya graviti bumi. Oleh itu, roket penjuah digunakan untuk mengubah kedudukan satelit. Jangka hayat satelit ditentukan oleh jumlah bahanapi yang dibawa didalamnya. Dalam praktikal lazim, satu pertiga daripada jumlah bahanapi yang dibawa oleh satelit dibazirkan oleh proses pengubahsuaian kedudukan oleh roket penjuah yang disebabkan oleh pembakaran bahanapi yang tidak cekap seperti hidrazin (*hydrazine*). Sebab utama proses pembakaran yang tidak lengkap dan tidak cekap ialah pencucuh onboard yang mengalami haus secara pantas sekaligus menghalang proses pembakaran beroperasi secara berkesan. Bahan nano

seperti komposit hablur nano tungsten-titanium diborida-kuprum ialah bahan baru yang berpotensi digunakan untuk mempertingkatkan hayat dan prestasi bahan pencucuh.

Bahan Perisai

Pada masa kini, Kementerian Pertahanan di kebanyakan negara menggunakan pelancar/peledak uranium susutan (*depleted uranium*) bagi menembusi sasaran-sasaran keras dan kereta-kereta perisai. Bagaimanapun, penggunaan uranium terurai diketahui menghasilkan sisa-sisa radioaktif atau bersifat karsinogenik yang boleh menyebabkan kanser, mudah meletup sekaligus sangat berbahaya kepada pekerja-pekerja yang mengendalkannya. Hابلur aloi nano tungsten dan komposit hablur nano tungsten merupakan diantara bahan baru yang sesuai diketengahkan bagi menggantikan pelancar uranium susutan. Antara faktor persamaan yang dimilikinya ialah mekanisme penajaman-diri (*self-sharpening mechanism*) dan ciri ubahbentuk yang unik ini disumbangkan oleh fenomena gelinciran sempadan butiran.

Implan Perubatan

Sekarang ini, implan perubatan seperti implan ortopedik dan injap hati diperbuat daripada aloi-aloi titanium dan keluli tahan karat. Aloi-aloi tersebut digunakan di dalam tubuh badan manusia kerana ciri-ciri kesesuaian bio (*biocompatibility*). Bahan-bahan aloi ini tidak bertindak balas secara kimia dengan tisu badan manusia. Di dalam kes implan ortopedik, bahan-bahan yang digunakan tidak berliang secara relatif. Bagi implan berfungsi secara berkesan seperti tulang manusia semulajadi, tisu-tisu badan harus berupaya menyusuk ke dalam implan bagi memberikan kekuatan yang dikehendaki. Oleh sebab bahan-bahan aloi tersebut tidak telap secara relatif, tisu-tisu badan tidak dapat menyusuk masuk ke dalam implan dan seterusnya akan mengurangkan tahap keberkesanannya. Tambahan lagi, aloi-aloi logam tersebut mengalami haus pada kadar yang agak pantas secara relatif yang mengakibatkan operasi pembedahan yang mahal perlu dilakukan berulang-kali.

Antara bahan termaju masa hadapan yang sesuai bagi aplikasi implan ialah hablur nano zirkonia. Bahan nano zirkonia (zirconium oksida) ialah bahan seramik yang keras, mempunyai rintangan haus dan kakisan yang baik (penting disebabkan cecair-cecair biologi bersifat mengkakis) dan kesesuaian bio. Bahan seramik nano boleh dihasilkan untuk mempunyai liang-liang melalui proses sintesis menggunakan teknik sol-gel kepada bentuk aerogel. Melalui penggunaan bahan seramik nano ini, dijangkakan kadar kekerapan gantian implan dapat dikurangkan sekaligus akan mengurangkan perbelanjaan pembedahan secara signifikan. Hابلur nano silikon karbida merupakan calon bahan terbaik untuk injap hati buatan terutamanya disebabkan oleh sifat kekuatan, kekerasan dan rintangan haus yang tinggi, sifat lengai yang baik (silikon karbida tidak bertindakbalas dengan cecair-cecair biologi) dan juga rintangan kakisan yang baik.

Bahan Penebat

Bahan hablur nano yang disintesis melalui teknik sol gel menghasilkan struktur seperti busa (*foam*) yang dikenali sebagai

aerogel. Aerogel adalah sangat ringan dan berliang namun mampu menampung beban seberat 100 kali ganda beratnya sendiri. Berbantukan sifat keliatan aerogel yang tinggi serta pemerangkapan udara pada celahan, kini bahan aerogel telah digunakan bagi tujuan penebatan di rumah-rumah dan juga di pejabat-pejabat. Melalui penggunaan aerogel bagi tujuan penebatan, bil elektrik bagi tujuan penyamanan udara dapat dikurangkan serta turut mengurangkan pencemaran udara melalui pelepasan gas CFC (*chlorofluorocarbon*).

Alat Pemotong

Alat pemotong yang diperbuat daripada bahan-bahan hablur nano seperti tungsten karbida, tantalum karbida dan titanium karbida adalah lebih keras, mempunyai rintangan haus yang lebih tinggi serta tahan lama berbanding alat pemotong lazim yang mempunyai saiz butiran yang lebih besar. Disamping itu juga, alat pemotong dimensi baru ini turut membolehkan pengeluar menjalankan proses pemesinan bahan-bahan yang mempunyai kekerasan yang berbeza dengan lebih pantas sekaligus meningkatkan produktiviti serta mengurangkan kos pembuatan secara signifikan. Alat pemotong dimensi baru ini juga diperlukan di dalam proses miniatur litar-litar mikroelektronik yang mana industri terabit memerlukan gerudi mikro yang mempunyai mata gerudi bergarispusat kurang daripada ketebalan purata rambut manusia atau 100 nm dengan penahanan sisi (*edge retention*) yang dipertingkatkan dan rintangan haus yang lebih baik. Oleh kerana hablur nano karbida adalah lebih kuat, keras dan mempunyai rintangan haus yang lebih tinggi, bahan ini sedang digunakan sebagai bahan pembuatan gerudi mikro tersebut.

Bateri Bertenaga Tinggi

Bateri-bateri lazim dan boleh cas semula digunakan hampir di dalam semua aplikasi-aplikasi yang memerlukan kuasa elektrik. Contoh-contoh aplikasi termasuklah automobil, komputer laptop, kenderaan elektrik, kenderaan elektrik generasi akan datang (NGEV) dan telefon selular. Ketumpatan tenaga atau kapasiti simpanan bateri-bateri ini adalah rendah dan memerlukan cas semula yang kerap. Selain daripada itu, jangka hayat bateri lazim dan boleh cas semula juga adalah pendek.

Bahan-bahan hablur nano yang disintesis melalui teknik sol-gel adalah bahan paling sesuai bagi plat-plat pemisah di dalam bateri. Faktor penyumbang kepada kepada keupayaan ini adalah bergantung kepada struktur seperti busa (*aerogel*) yang mampu menyimpan lebih banyak tenaga berbanding bateri-bateri lazim. Tambahan lagi, bateri nikel-logam hidrida (*nickel-metal hydride, Ni-MH*) yang diperbuat daripada hablur nano nikel dan logam hidrida memerlukan kekerapan cas semula yang kurang dan mempunyai jangka hayat yang lebih panjang serta sifat-sifat kimia, fizikal dan mekanikal yang dipertingkatkan.

(*diadaptasi daripada sumber-sumber Internet*)

Artikel Oleh :

En. Shamsul Mohd. Noor & Prof. Madya Dr. Mazle Baharin Jamaludin
Pusat Pengajian Kejuruteraan Bahan (KUKUM)