

**PART A / BAHAGIAN A**

- (1) (a). One of the important aspects for penetrant materials is the value of contact angle. Explain how contact angle affect the effectiveness of liquid penetrant technique.

*Salah satu aspek penting bagi bahan penembus adalah keupayaan memberikan nilai sudut sentuhan. Terangkan bagaimanakah sudut sentuhan memberi kesan terhadap keberkesanan teknik penembus cecair.*

(8 marks/markah)

- (b). Briefly describe how to run radiography testing for metal components. This metal components were fabricated via casting technique. Your answer must include the working principles, interpretation of results and also a safety precaution of radiography technique.

*Perihalkan secara ringkas bagaimanakah ujian radiografi dapat dijalankan terhadap suatu komponen logam. Komponen logam ini difabrikasi menggunakan teknik penuangan. Jawapan anda mesti melibatkan prinsip kerja, interpretasi keputusan serta langkah keselamatan terlibat di dalam teknik radiografi.*

(12 marks/markah)

- (c). The radiation dose to radiographer was 10 mR at 15 m distance from the X-ray source. Using Newton Inverse Law, compute what would be the dose be if the distance was reduced to 10 m. Does the intensity become more or less? Explain your answer.

...3/-

*Seorang jururadiografi menerima dos radiasi sebanyak 10 mR pada jarak 15 m daripada sumber sinar-X. Kirakan berapakah nilai dos radiasi akan diterima jika jarak dikurangkan kepada 10 m menggunakan hukum songsangan Newton. Adakah keamatan dos diterima meningkat atau berkurangan? Terangkan jawapan anda.*

*(5 marks/markah)*

- (2). (a). Explain the characteristics of ferromagnetic materials. Describe how magnetic domains contribute to the overall magnetic behaviour of ferromagnetic materials.

*Terangkan ciri-ciri bahan feromagnetik. Jelaskan bagaimana domain magnetik menyumbang kepada kelakuan magnet keseluruhan bahan feromagnetik.*

*(5 marks/markah)*

- (b). Explain TWO magnetization methods to obtain longitudinal magnetic field. Support your answers by using appropriate schematic diagram.

*Jelaskan DUA kaedah kemagnetan untuk mendapatkan medan magnet membujur. Sokong jawapan anda dengan menggunakan gambar rajah skema yang sesuai.*

*(6 marks/markah)*

- (c). Figure 1 shows a hollow cylinder with a crack on its outer surface. Discuss the inspection procedure required to detect the defect using Magnetic Particle Inspection (MPI). Provide a comprehensive explanation of how the selected method would effectively identify the presence of the crack.

*...4/-*

- 4 -

*Rajah 1 menunjukkan sebuah silinder berongga dengan rekahan pada permukaan luarnya. Bincangkan prosedur pemeriksaan yang diperlukan untuk mengesan kecacatan menggunakan Pemeriksaan Zarah Magnetik (MPI). Sediakan penjelasan yang menyeluruh bagaimana kaedah yang dipilih akan mengenal pasti kehadiran retakan dengan berkesan.*



Figure 1: Hollow cylinder

*Rajah 1: Silinder berongga*

(10 marks/markah)

- (d). Describe TWO techniques for demagnetizing components after conducting MPI.

*Huraikan DUA teknik untuk menyahmagnetkan komponen selepas menjalankan MPI.*

(4 marks/markah)

- (3). (a). In recent years, there has been an increasing demand for lightweight, high-strength materials in aerospace engineering to improve fuel efficiency and performance. Titanium alloys are commonly used in critical aerospace components due to their excellent strength-to-weight ratio and corrosion resistance, for example, titanium alloy was used for landing gear components. This component experienced unexpected fractures during service. Suggest the failure analysis process to identify the root causes of the failures and propose recommendations for improvement.

...5/-

*Dalam beberapa tahun terkini, terdapat peningkatan permintaan untuk bahan ringan dan berkekuatan tinggi dalam kejuruteraan angkasa untuk meningkatkan kecekapan bahan api dan prestasi. Aloi-aloi titanium biasanya digunakan dalam komponen penting kejuruteraan angkasa kerana nisbah kekuatan-berat yang sangat baik dan ketahanan terhadap kakisan, sebagai contoh, aloi titanium digunakan untuk komponen roda pendaratan. Komponen ini mengalami kegagalan patah yang tidak dijangka semasa perkhidmatan. Cadangkan proses analisis kegagalan untuk mengenal pasti punca kegagalan dan usulkan penambahbaikan.*

(13 marks/markah)

- (b). During the investigation of a metallic component's failure, intergranular cracking is detected along the grain boundaries. Analyse the possible causes of intergranular cracking in metallic materials including material properties, processing conditions and environmental factors. Evaluate the importance of grain boundary strengthening in minimizing intergranular cracking occurrences and enhancing the structural of metallic components.

*Semasa penyiasatan kegagalan komponen logam, retakan antara butir dikesan di sepanjang sempadan butir. Analisis kemungkinan penyebab punca retakan antara butir dalam bahan logam termasuk sifat-sifat bahan, keadaan pemrosesan, dan faktor-faktor persekitaran. Nilaiakan mengenai kepentingan penguatan sempadan butir dalam mengurangkan kejadian retakan antara butir dan peningkatan kekuatan struktur komponen logam.*

(12 marks/markah)

...6/-

**PART B / BAHAGIAN B**

- (4). (a). Gas porosity and lack of penetration are 2 examples of discontinuity in the welded part. Sketch a proper diagram to describe these 2 scenarios from radiography testing perspective. and explain the reasons how it could exist in the welding process.

*Keliangan gas dan kekurangan penembusan merupakan 2 contoh ketidakseragaman untuk bahagian kimpalan. Lakarkan rajah bersesuaian untuk memperihalkan 2 keadaan ini dari perspektif ujian radiografi serta terangkan bagaimanakah keadaan ini wujud ketika proses kimpalan dijalankan.*

(12 marks/markah)

- (b). An anodized aluminum plate (dimension 20 cm x 20 cm) from the broken engine component was inspected with liquid penetrant technique after 10 years of service. However, there is no clear indication of surface defects such as crack being detected as an early assumption. Discuss the possible reasons for this issue and give suggestions on how to overcome it. The type of penetrant used is visible, water based and the dwell time is 15 minutes as suggested by the penetrant manufacturer.

*Suatu kepingan aluminium yang disalut dengan teknik penganodan (dimensi 20 cm X 20 cm) daripada komponen enjin rosak diperiksa menggunakan teknik penembusan cecair selepas 10 tahun digunakan. Bagaimana pun tiada bukti jelas kewujudan kecacatan permukaan dapat dikesan seperti anggapan awal. Bincangkan kemungkinan sebab kepada isu ini dan beri cadangan bagaimanakah situasi ini dapat diatasi. Bahan penembus digunakan adalah dari jenis boleh nampak berasaskan air serta tempoh rendaman adalah*

...7/-

*15 minit seperti dicadangkan oleh pembekal bahan penembus tersebut.*

(8 marks/markah)

- (b). Some of the metal components are provided with radiography results. Radiographs are used to determine the existence flaws. Does this necessarily mean that in high strength materials such as steel we need not worry about brittle fracture if they have passed an X-ray examination? Explain your answer.

*Sesetengah komponen logam disertakan dengan keputusan ujian radiografi. Radiografi digunakan untuk menentukan kewujudan kecacatan di dalam komponen. Adakah ini bermaksud kebimbangan tidak perlu ada untuk bahan berkekuatan tinggi seperti keluli terhadap kegagalan rapuh jika keluli ini lulus pemeriksaan sinar-X. Terangkan jawapan anda.*

(5 marks/markah)

- (5). (a). Explain the principles of Ultrasonic Testing (UT) in non-destructive evaluation. Provide an example of application of UT.

*Terangkan prinsip Ujian Ultrasonik (UT) dalam penilaian tidak musnah. Berikan satu contoh aplikasi UT.*

(7 marks/markah)

- (b). Explain the role of a transducer in an Ultrasonic Testing (UT) system. Discuss THREE important elements in a transducer.

*Terangkan peranan transduser dalam sistem Ujian Ultrasonik (UT). Bincangkan TIGA elemen penting dalam transduser.*

(8 marks/markah)

...8/-

- (c). Discuss how do different material properties influence the performance of Eddy Current Testing? Support your answer by providing specific example of materials.

*Bincangkan bagaimana sifat bahan yang berbeza mempengaruhi prestasi Pengujian Arus Pusar? Sokong jawapan anda dengan memberikan contoh bahan tertentu.*

(10 marks/markah)

- (6). (a). Provide THREE examples of common failure modes in metallic components.

*Berikan TIGA contoh mod kegagalan biasa dalam komponen logam.*

(5 marks/markah)

- (b). Suspension coil springs, typically operating within the elastic range, play a dual role in enhancing the ride comfort of a vehicle and safeguarding its components by mitigating impacts based on road conditions and maintaining suspension stability. In a recent incident involving a B-segment vehicle, a fracture occurred in the suspension coil spring (see Figure 2). Investigation analysis was carried out by AAS Company. The coil spring is made of steel (AISI 9254), and the chemical composition is shown in Table 1. The microstructure of the fracture spring is given in Figure 3, the structure has tempered martensite. Hardness measurement was conducted at various points, ranging from the surface to the core, indicate values between 590 and 600 HV<sub>10</sub>, with an average of 594 HV<sub>10</sub>. Moreover, microhardness (HV<sub>0.5</sub>) assessments across different depths show no evidence of decarburization in the hardness profile (see Figure 4). No surface treatment such as shot

...9/-

peening was applied to enhance the surface hardness. Low magnification fractography studies were also conducted for macroscopic examination, with Figure 5 displaying a top view of the fractured spring wire and Figure 5b illustrating the fractured surface in detail. Additionally, scanning electron microscope (SEM) images in Figure 6 depict the fracture surface at the origin region and the side surface of the counterpart adjacent to the origin region.

*Spring gegelung gantung, biasanya beroperasi dalam julat anjal, memainkan dua peranan dalam meningkatkan keselesaan perjalanan kenderaan dan melindungi komponennya dengan mengurangkan kesan berdasarkan keadaan jalan dan mengekalkan kestabilan penggantungan. Dalam insiden baru-baru ini yang melibatkan kenderaan segmen B, patah berlaku pada spring gegelung suspensi (lihat Rajah 2). Analisis penyiasatan telah dijalankan oleh Syarikat AAS. Gelung spring dibuat menggunakan keluli (AISI 9254), dan komposisi kimia di tunjukkan dalam Jadual 1. Struktur mikro spring patah diberikan dalam Rajah 3, struktur mempunyai martensit terbaja. Pengukuran kekerasan yang dijalankan pada pelbagai titik, dari permukaan hingga ke teras, menunjukkan nilai antara 590 dan 600 HV<sub>10</sub>, dengan purata 594 HV<sub>10</sub>. Selain itu, penilaian microhardness (HV<sub>0.5</sub>) merentasi kedalaman yang berbeza tidak menunjukkan bukti penyahkarburan dalam profil kekerasan (lihat Rajah 4). Tiada rawatan permukaan seperti 'shot peening' digunakan untuk meningkatkan kekerasan permukaan. Kajian fraktografi pembesaran rendah juga telah dijalankan untuk pemeriksaan makroskopik, dengan Rajah 5 memaparkan pandangan atas wayar spring patah dan Rajah 5b menggambarkan permukaan patah secara terperinci. Selain itu,*

**...10/-**



*imej mikroskop elektron imbasan (SEM) dalam Rajah 6 menggambarkan permukaan patah di kawasan asal dan permukaan sisi rakan sejawatan bersebelahan dengan kawasan asal.*

Following these analyses, you were assigned to prepare the report that should address the following points:

*Berikutan analisis ini, anda telah ditugaskan untuk menyediakan laporan yang harus merangkumi perkara berikut:*

- (i) Factors contributing to the fracture of the suspension coil spring in the B-segment vehicle.

*Faktor-faktor yang menyumbang kepada keretakan spring gegelung suspensi dalam kenderaan segmen B.*

*(5 marks/markah)*

- (ii). Abnormalities identified in material properties, microstructure, and hardness.

*Keabnormalan yang dikenal pasti dalam sifat bahan, struktur mikro, dan kekerasan.*

*(5 marks/markah)*

- (iii). Evaluation of the current method used to protect the coil spring and its efficiency.

*Penilaian kaedah semasa yang digunakan untuk melindungi spring gegelung dan kecekapannya.*

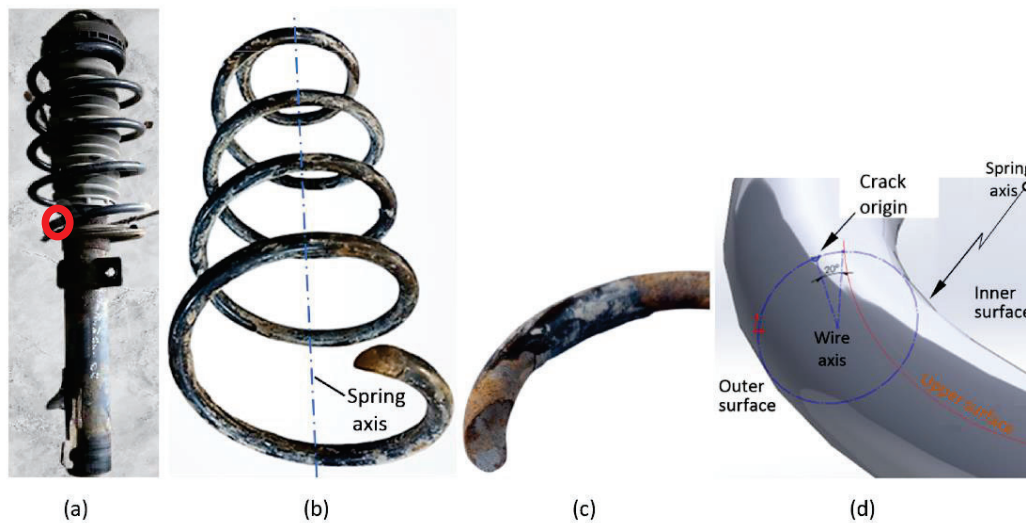
*(5 marks/markah)*

**...11/-**

- (iv). Recommendations for enhancing the performance of the coil spring.

*Cadangan untuk meningkatkan prestasi spring gegelung.*

(5 marks/markah)

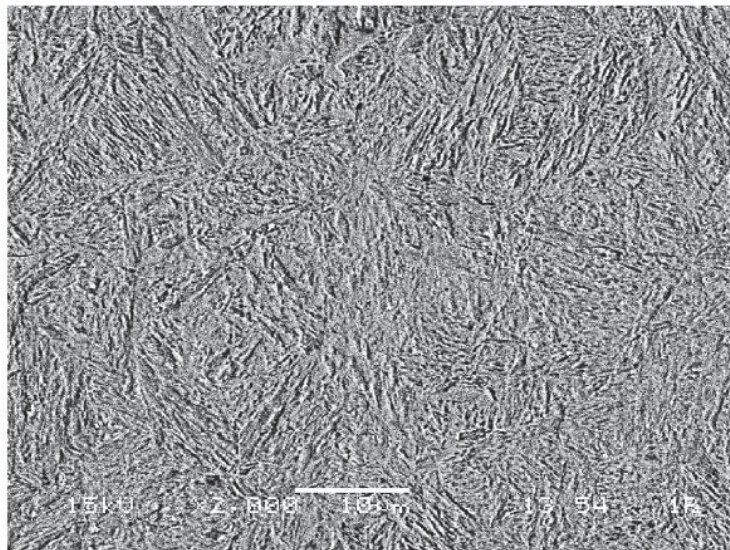


Figure/Rajah 2 (a) The position of the spring and shock absorber (in real operating conditions on the vehicle). The red circle on the new spring shows the approximate location of the break on former spring, (b) fractured spring, (c) view of the counterpart, (d) crack origin/

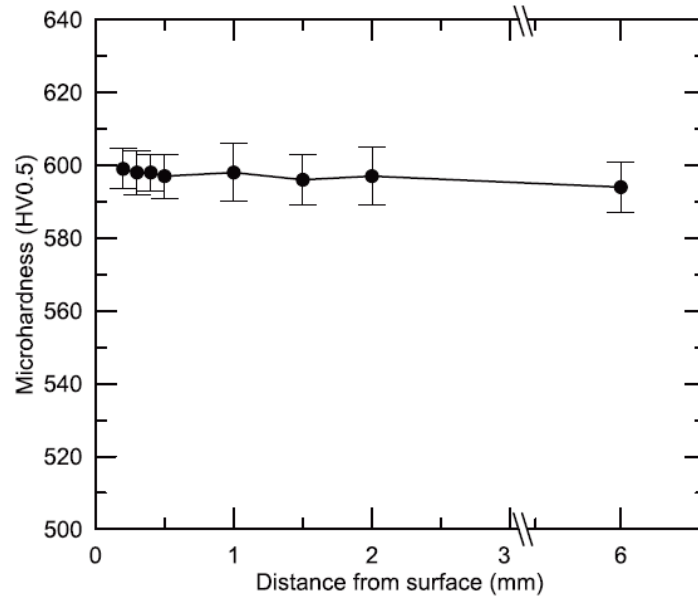
(a) *Posisi spring dan penyerap hentakan (dalam keadaan operasi sebenar di atas kenderaan). Lingkaran merah pada spring baru menunjukkan lokasi anggaran pecahan pada spring terdahulu, (b) spring yang patah, (c) pandangan sebelah, (d) retak asal*

Table/Jadual 1 : The chemical composition of spring steel (wt.%)  
*Komposisi kimia spring keluli (bt.%)*

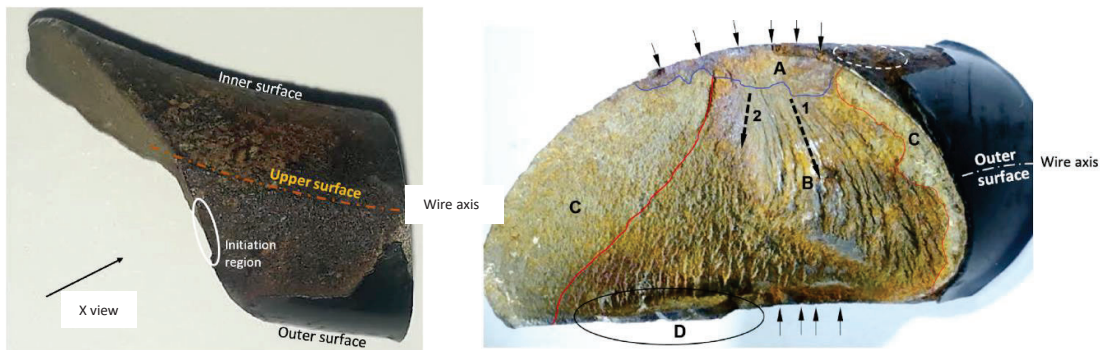
	C	Si	Mn	P	S	Cr
<i>Fracture Spring</i>	0.520	1.32	0.74	0.01	0.01	0.63
<i>AISI 9254</i>	0.51-0.59	1.30-1.60	0.60-0.80	0.03 max	0.03 max	0.60-0.80



Figure/Rajah 3 The microstructure of the fracture spring  
*Microstruktur spring yang patah*

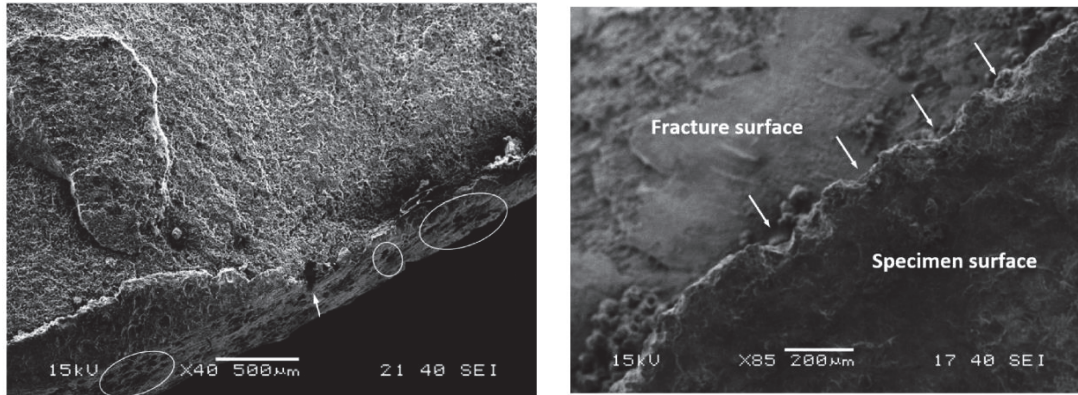


Figure/Rajah 4 Microhardness profile  
*Profil mikrokekerasan*



Figure/Rajah 5 (a) Top view of the fractured spring wire, (b) X view (given in Figure 5a) of the fracture surface immediately after failure

(a) *Pandangan atas wayar spring yang patah, (b) Pandangan X (diberi dalam Rajah 5a) permukaan patah selepas kegagalan*



Figure/Rajah 6 SEM micrographs of the crack origin and the side surfaces of the counterpart close to the crack origin

*Mikrograf SEM asal retak dan permukaan sisi yang berhampiran dengan retak asal*

- oooOooo -