

SULIT



Second Semester Examination
2024/2025 Academic Session

July/August 2025

EBB 307/3 – Failure Analysis and Non-Destructive Testing
[Penyiasatan Kegagalan Dan Ujian Tak Musnah]

Duration : 2 hours
[Masa : 2 jam]

Please ensure that this examination paper contains TWELVE (12) printed pages before you begin the examination.

[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi DUABELAS (12) muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]

Instructions : Answer **FOUR (4)** questions. **Part A is COMPULSORY**. Answer **ONE (1)** question from PART B. All questions carry the same marks.

[Arahan : Jawab **EMPAT (4)** soalan. **Bahagian A WAJIB dijawab**. Jawab **SATU (1)** soalan dari BAHAGIAN B. Semua soalan membawa jumlah markah yang sama.]

In the event of any discrepancies, the English version shall be used.

[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah digunapakai].

Should any candidate be caught cheating or in possession of materials not authorised to be brought into the Examination Hall during the examination, appropriate disciplinary action will be taken against the candidate concerned. In the event a candidate is found guilty of cheating, he/she can be expelled from the University.

[Sekiranya seseorang calon didapati meniru/menipu ataupun mempunyai bahan-bahan yang tidak dibenarkan dibawa ke dalam Dewan Peperiksaan semasa peperiksaan diadakan, tindakan disiplin yang sewajarnya akan dikenakan terhadap calon berkenaan. Jika seseorang calon didapati bersalah meniru/menipu beliau boleh disingkir dari Universiti.]

...2/-

SULIT

PART A / BAHAGIAN A

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

Berikan TIGA contoh mod kegagalan biasa dalam komponen logam.

(5 marks/markah)

- (b). A failed structural part is made from 2024-T351 aluminum alloy. You have no knowledge of the operation temperature of the part experienced during its use. Describe the type of observations or testing that could be done (if any) on the failed part to determine if high temperature contributed to the failure. Discuss how operating temperature affects the material.

Bahagian struktur yang gagal dibuat dari aloi aluminium 2024-T351. Anda tidak mengetahui suhu operasi yang dialami oleh struktur tersebut semasa penggunaannya. Terangkan jenis pemerhatian atau pengujian yang perlu dilakukan (jika ada) pada bahagian yang gagal untuk menentukan adakah suhu tinggi menyumbang kepada kegagalan tersebut. Bincangkan bagaimana suhu operasi mempengaruhi bahan ini.

(10 marks/markah)

- (c). You have been engaged by a power generation company to assess the operational safety of their steam turbines. During the inspection of the main shaft and turbine blades, you observed evidence of grain growth, along with the presence of voids both within the grains and along the grain boundaries.

Anda telah diminta oleh sebuah syarikat penjanaan kuasa untuk menilai keselamatan operasi turbin stim mereka. Semasa pemeriksaan pada aci utama dan bilah turbin, anda mendapati terdapat tanda-tanda pertumbuhan butiran, serta kewujudan rongga di dalam butiran dan juga di sempadan butiran.

...3/-

- (i). In your opinion, is it safe to continue operating the turbine? Provide justification for your answer.

Pada pendapat anda, adakah selamat untuk meneruskan operasi turbin tersebut? Berikan justifikasi bagi jawapan anda

(5 marks/markah)

- (ii). Illustrate the failure mode if the shaft or blades fail.

Huraikan mod kegagalan jika aci atau bilah gagal.

(5 marks/markah)

- (2). (a). Identify the reason why penetrant technique is more efficient to detect material's defect on smooth surface compare on rough surface.

Kenalpasti alasan mengapa teknik penusukan cecair lebih efektif untuk menemukan kecacatan bahan pada permukaan licin berbanding permukaan kasar.

(5 marks/markah)

- (b). Write a note on the following statements:

Tuliskan nota untuk pernyataan-pernyataan berikut:

- (i). The applications of machine vision in NDT practice

Aplikasi penglihatan mesin di dalam praktis NDT

- (ii). The importance of standards and codes for NDT

Kepentingan piawaian dan kod untuk NDT

- (iii). Smearing issues in liquid penetrant technique

Isu 'smearing' di dalam teknik penusukan cecair

(15 marks/markah)

- (c). Briefly discuss method of controlling the quality of radiographic film images.
Bincangkan secara ringkas kaedah untuk menjaga kualiti imej filem dari ujian radiografi.

(5 marks/markah)

- (3). (a). Explain the characteristics of ferromagnetic materials from molecular point of view. Support your answer with an appropriate schematic diagram.

Terangkan ciri-ciri bahan feromagnetik dari sudut molekul. Sokong jawapan anda dengan gambarajah skematik yang sesuai.

(6 marks/markah)

- (b). A major oil and gas company operates an extensive network of pipelines carrying hazardous substances across long distances. To prevent leaks, safety incidents, and environmental damage, regular inspection of the pipeline's structural integrity is essential. One of the non-destructive testing (NDT) techniques used is Magnetic Particle Inspection (MPI).

Sebuah syarikat minyak dan gas yang besar mengendalikan rangkaian saluran paip yang membawa bahan berbahaya merentasi jarak jauh. Bagi mengelakkan kebocoran, insiden keselamatan dan pencemaran alam sekitar, pemeriksaan integriti struktur saluran paip perlu dilakukan secara berkala. Salah satu kaedah Ujian Tanpa Musnah (NDT) yang digunakan ialah Pemeriksaan Zarah Magnetik (MPI).

- (i). Describe the basic principle of MPI.

Huraikan prinsip asas MPI.

(4 marks/markah)

...5/-

- (ii). Explain the sequence of steps involved in carrying out the MPI procedure for the pipelines.

Terangkan urutan langkah-langkah yang terlibat dalam menjalankan prosedur MPI untuk saluran paip.

(10 marks/markah)

- (c). Discuss how conductivity of materials affects the performance of eddy current testing.

Bincangkan bagaimana kekonduksian bahan mempengaruhi prestasi ujian arus pusar.

(5 marks/markah)

PART B / BAHAGIAN B

- (4). A crankshaft from a heavy-duty truck engine experienced fracture failure during operation. A failure investigation was carried out using multiple methods including macroscopic and microscopic fracture analysis, chemical composition testing, mechanical property evaluation, metallurgical examination, and finite element simulation.

The investigation revealed the following findings:

- The crack initiation source was located at the junction of the threaded bottom hole column surface and the taper surface.
- Finite element analysis (FEA) showed serious stress concentration at the crack initiation region, with a maximum equivalent stress of 486.55 Mpa.
- A metallurgical transformation of the surface layer was observed at the bottom of the threaded hole.
- Microscopic analysis identified fatigue crack propagation features originating from the crack initiation zone.
- EDS analysis confirmed no abnormal chemical composition in the crack area.

Sebuah 'crankshaf' enjin trak tugas berat telah mengalami kegagalan patah semasa operasi. Satu penyiasatan kegagalan telah dijalankan menggunakan pelbagai kaedah termasuk analisis makroskopik dan mikroskopik permukaan patah, ujian komposisi kimia, penilaian sifat mekanik, pemeriksaan metalurgi, dan simulasi unsur terhingga

Hasil siasatan mendapati perkara berikut:

- *Punca permulaan rekahan terletak di persimpangan permukaan lubang berulir di dasar tiang dan permukaan tirus.*
- *Analisis unsur terhingga (FEA) menunjukkan kepekatan tegasan yang serius di kawasan permulaan rekahan, dengan nilai maksimum tegasan setara sebanyak 486.55 MPa.*
- *Berlaku transformasi metalurgi pada lapisan permukaan di bahagian bawah lubang berulir.*

...7/-

- *Analisis mikroskopik menunjukkan ciri-ciri perambatan rekahan lesu yang bermula dari zon permulaan rekahan.*
- *Analisis EDS mengesahkan tiada komposisi kimia yang tidak normal dikesan di kawasan rekahan.*

- (a). Based on the findings, identify and explain FOUR (4) possible failure mechanisms that may have contributed to the crankshaft fracture.

Berdasarkan penemuan tersebut, kenal pasti dan jelaskan EMPAT (4) kemungkinan mekanisme kegagalan yang mungkin telah menyumbang kepada kegagalan 'crankshaft' ini.

(9 marks/markah)

- (b). Outline the steps you would take to perform a failure investigation on this fractured crankshaft.

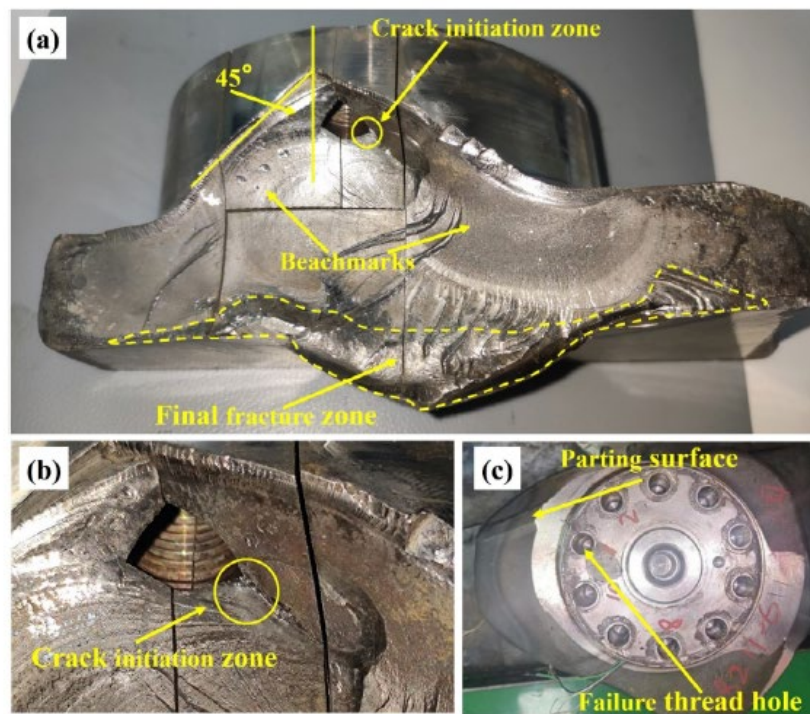
Gariskan langkah-langkah yang perlu diambil untuk melaksanakan penyiasatan kegagalan pada 'crankshaft' yang patah.

(8 marks/markah)

- (c). Propose THREE (3) corrective actions that could be implemented to prevent similar crankshaft failures in future designs or operations.

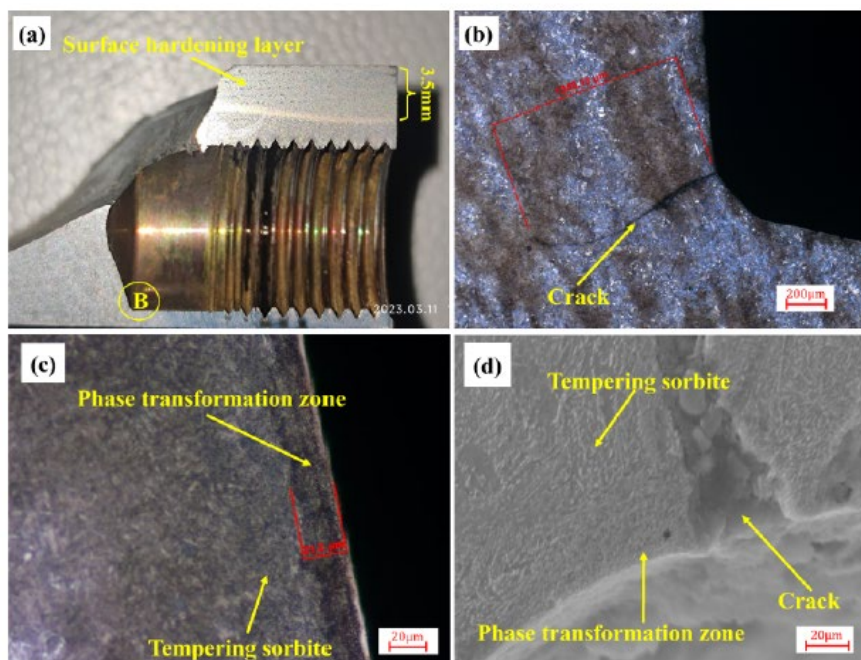
Cadangkan TIGA (3) tindakan pembetulan yang boleh dilaksanakan bagi mencegah kegagalan 'crankshaft' yang serupa dalam rekabentuk atau operasi pada masa hadapan

(8 marks/markah)



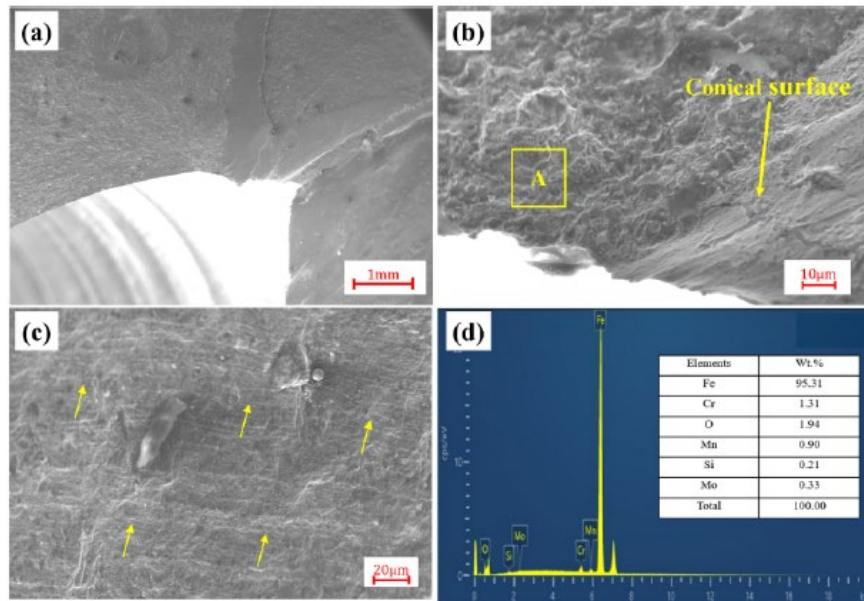
Figure/Rajah 1 : Macroscopic appearance of the fracture: (a) overall appearance of the fracture, (b) local enlargement of the crack initiation zone, (c) illustration of the failure location

Penampilan makroskopik keretakan: (a) gambaran keseluruhan keretakan, (b) pembesaran setempat zon permulaan rekahan, (c) ilustrasi lokasi kegagalan.



Figure/Rajah 2 : Cracks and metallographic transformation on the surface of the threaded bottom hole: (a) macroscopic; (b) overall shape of the crack; (c) local enlargement of the crack; (d) SEM observation of the surface metallographic transformation zone

Rekahan dan transformasi metalografi pada permukaan lubang berulir di bahagian dasar: (a) pemerhatian makroskopik; (b) bentuk keseluruhan rekahan; (c) pembesaran setempat rekahan; (d) pemerhatian SEM pada zon transformasi metalografi permukaan.



Figure/Rajah 3 : Microstructure and EDS analysis results: (a) crack initiation zone, (b) local enlargement of the crack initiation zone, (c) fatigue propagation zone, (d) EDS analysis results

Keputusan analisis mikrostruktur dan EDS: (a) zon permulaan rekahan, (b) pembesaran setempat zon permulaan rekahan, (c) zon perambatan lesu, (d) keputusan analisis EDS

- (5). (a). Briefly explain how does shape of flaws and orientation in the materials affect the position of radiation sources in radiographic testing.

Terangkan secara ringkas bagaimanakah bentuk dan orientasi kecacatan di dalam bahan mempengaruhi kedudukan sumber radiasi untuk ujian radiografi.

(7 marks/markah)

- (b). A steel chain in conveyor system has failed after six months of operation. The chain was regularly maintained but there was an unexplained loss of performance in recent weeks, leading to a complete failure. As an NDT

engineer, your task is to perform an investigation through visual inspection approach. Propose the systematic visual inspection steps to determine the root cause of the failure in this case. Chain was made from high grade steel for lifting and hoisting in heat treatment furnace.

Satu rantai keluli pada sistem penghantar telah gagal selepas enam bulan beroperasi. Rantai ini diselenggara secara berkala namun telah mengalami penurunan prestasi sejak kebelakangan ini dan akhirnya kegagalan telah berlaku. Sebagai seorang jurutera NDT, tugas anda adalah untuk menjalankan penyiasatan melalui pendekatan pemeriksaan visual. Cadangkan langkah-langkah sistematik pemeriksaan visual untuk menentukan punca masalah kepada kegagalan ini. Rantai diperbuat dari keluli gred tinggi untuk tujuan mengangkat di dalam relau bagi proses rawatan haba.

(18 marks/markah)

- (6). (a). Transducer plays a key role in the ultrasonic testing system. Describe how a piezoelectric transducer works in the system.

Transduser memainkan peranan penting dalam sistem ujian ultrasonik. Terangkan bagaimana transduser piezoelektrik berfungsi dalam sistem tersebut.

(6 marks/markah)

- (b). Identify and describe in detail three key components of a transducer. Use illustrations where appropriate to support your explanation.

Kenal pasti dan huraikan secara terperinci tiga komponen utama transduser. Gunakan ilustrasi jika sesuai untuk menyokong penjelasan anda.

(9 marks/markah)

- (c). Critical angles calculations are used to design various probe angles for ultrasonic testing. Describe on the concept or law used to explain these critical angles. Calculate the angle of incidence required to produce a 45-degree shear wave refracted angle (Figure 4).

$$(V_{\text{steel}} = 3240 \text{ m/sec}, V_{\text{perspex}} = 2730 \text{ m/sec})$$

Pengiraan sudut kritikal digunakan untuk rekabentuk pelbagai sudut kuar bagi pengujian ultrasonik. Terangkan konsep atau hukum yang digunakan untuk menjelaskan sudut kritikal tersebut. Kirakan sudut tuju yang diperlukan bagi menghasilkan 45 darjah sudut biasan gelombang ricih (Rajah 4).

$$(V_{\text{steel}} = 3240 \text{ m/sec}, V_{\text{perspex}} = 2730 \text{ m/sec})$$

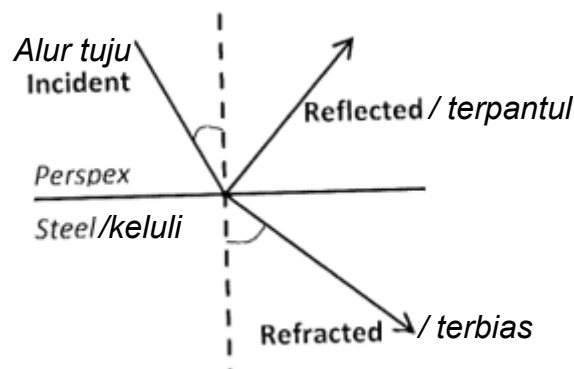


Figure 4 / Rajah 4

(10 marks/markah)

-oooOooo-