

PART A / BAHAGIAN A

- (1). (a). Suggest either liquid penetrant or radiography technique is most suitable for revealing defects inside the metal casting product. Explain the working principle and steps involved for the inspection.

Cadangkan samada teknik penusukan cecair atau radiografi paling sesuai untuk mendedahkan kecacatan di dalam produk tuangan logam. Terangkan prinsip kerja dan langkah-langkah terlibat di dalam pemeriksaan ini.

(15 marks/markah)

- (b). Choose any 2 (two) and write a short notes on the following statements:

Pilih sebarang 2 (dua) dan tuliskan nota ringkas untuk pernyataan-pernyataan berikut:

- (i). Importance of standards and codes for NDT
Kepentingan piawaian dan kod-kod untuk NDT
- (ii). The needed of machine vision in NDT applications
Keperluan mesin penglihatan di dalam aplikasi NDT
- (iii). Inspection on metals surface deteriorate because of corrosion issues
Pemeriksaan permukaan logam yang menyusut disebabkan isu-isu kakisan

(10 marks/markah)

...3/-

- (2). (a). List the THREE types of magnetic fields. Explain the techniques to obtain the magnetic fields. Support your answer by using appropriate schematic diagrams.

Senaraikan TIGA jenis medan magnet. Terangkan teknik untuk mendapatkan medan magnet tersebut. Sokong jawapan anda dengan menggunakan gambar rajah skema yang sesuai.

(6 marks/markah)

- (b). A pipeline company operates a network of oil and gas pipelines that transport hazardous substances over long distances. Ensuring the integrity of these pipelines is crucial to prevent leaks, environmental contamination, and potential safety hazards. The company utilizes magnetic particle inspection (MPI) to assess the condition of pipelines as part of its NDT inspection program.

Sebuah syarikat saluran paip mengendalikan rangkaian saluran paip minyak dan gas yang mengangkut bahan berbahaya dalam jarak jauh. Pemastian integriti saluran paip ini adalah penting untuk mengelakkan kebocoran, pencemaran alam sekitar dan potensi bahaya keselamatan. Syarikat itu menggunakan pemeriksaan zarah magnetik (MPI) untuk menilai keadaan saluran paip sebagai sebahagian daripada program pemeriksaan NDT.

- (i). Explain the principles of magnetic particle inspection.

Terangkan prinsip-prinsip pemeriksaan zarah magnetik.

(4 marks/markah)

...4/-

- (ii). Using a flowchart, clearly explain the inspection steps involved.
Menggunakan carta alir, terangkan dengan jelas langkah-langkah pemeriksaan yang terlibat.

(10 marks/markah)

- (c). Briefly explain the differences between dry and wet magnetic particle inspection.

Terangkan secara ringkas perbezaan antara pemeriksaan zarah magnet kering dan basah.

(5 marks/markah)

- (3). (a). Explain the concept of failure analysis of materials and discuss its importance in engineering.

Terangkan konsep analisis kegagalan bahan dan bincangkan kepentingannya dalam kejuruteraan

(5 marks/markah)

- (b). Two types of low carbon annealed steels (steel 1 & steel 2) were applied for production of bearing housing by deep drawing process. The failures occurred during deep drawing process only for steel 2. The cracks were observed during deep drawing process at steel 2. The cracks appeared in longitudinal direction of rolling of sheet. From the appearance of cracks is evident that fracture occurred because the material is anisotropic, had not enough workability and could not resist internal stresses during deep drawing process. The chemical analysis for both (steel 1 and steel 2) is depicted in Table 1. Figure 1 shows the fracture wall of steel 2 in the direction of

...5/-

rolling. The cross-section microstructure for steel 1 and 2 is shown in Figure 2 and 3. Steel 2 revealed the presence of particles oriented in rolling direction and presence of cracks at the interface particle/ferrite matrix (Figure 4). The results of hardness measurements of sheet before deep drawing are presented in Table 2. From the hardness of sheets is evident the sheets were in soft annealed condition and no internal stresses were present in steels before hot dip Zn-coating. Steel 2 has high hardness compared with steel 1. Both materials were tested by Erichsen deep drawing test as shown in Figure 5 and 6. No fracture was observed in steel 1 which is a sign of good workability/ductility of steel. Also zinc layer was more resistant and did not crack in the region of contraction. By contrast in the steel 2, the fracture was without contraction and also the zinc layer started to crack and flake off.

Dua jenis keluli karbon rendah yang disepuh lindap telah digunakan untuk pengeluaran perumah galas melalui proses penarikan dalam. Kegagalan berlaku semasa proses penarikan bagi keluli 2. Keretakan diperhatikan semasa proses penarikan dalam pada keluli 2. Keretakan itu muncul dalam arah membujur gelek kepingan. Dari rupa rekahan terbukti bahawa keretakan berlaku kerana bahan tersebut bersifat tak isotropi, tidak cukup keboleherjaan dan tidak dapat menahan tegasan dalaman semasa proses penarikan dalam. Analisis kimia bagi kedua-duanya (keluli 1 dan keluli 2) ditunjukkan dalam Jadual 1. Rajah 1 menunjukkan dinding patah pada keluli 2 mengikut arah gelek. Mikrostruktur keratan rentas bagi keluli 1 dan 2 ditunjukkan dalam Rajah 2 dan 3. Keluli 2 menunjukkan kehadiran zarah berorientasikan arah gelek dan kehadiran retakan pada matriks zarah antara muka/ferit (Rajah 4). Keputusan pengukuran kekerasan kepingan sebelum penarikan ditunjukkan dalam Jadual 2. Daripada kekerasan adalah jelas menunjukkan kepingan berada dalam keadaan sepuh lindap lembut

...6/-

dan tiada tegasan dalaman terdapat dalam keluli sebelum salutan zink celup panas. Keluli 2 mempunyai kekerasan yang tinggi berbanding dengan keluli 1. Kedua-dua bahan telah diuji dengan ujian penarikan dalam Erichsen seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 5 dan 6. Tiada keretakan diperhatikan dalam keluli 1 yang menunjukkan tanda keboleherjaan/kemuluran keluli yang baik. Lapisan zink juga lebih tahan dan tidak retak di kawasan penguncupan. Sebaliknya dalam keluli 2, keretakan tanpa pengecutan dan juga lapisan zink mula retak dan mengelupas.

- (a) Analyse the potential causes of the crack and failure in steel 2.

Analisis potensi punca-punca bagi retak dan kegagalan dalam keluli 2.

(10 marks/markah)

- (b) Explain the steps that could be taken to mitigate these failures in future manufacturing operations.

Terangkan langkah-langkah yang boleh diambil untuk mengurangkan kegagalan dalam operasi pembuatan pada masa hadapan.

(10 marks/markah)

Table 1 : Chemical composition analysis of steel (wt.%)

Jadual 1: Analisis komposisi kimia keluli (bt.%)

Material	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Ti
Steel 1	0.01	<0.01	0.16	0.021	0.010	0.041	0.0067	0.04
Steel 2	0.047	<0.01	0.19	0.017	0.010	0.046	0.0072	<0.002

...7/-



Figure 1: Photograph of fracture of steel 2. The fracture in direction of rolling of material shows worse workability of sheet in transversal direction

Rajah 1: Fotograf patah keluli 2. Patah dalam arah penggelekan bahan menunjukkan keboleherjaan kepingan yang lebih teruk dalam arah melintang

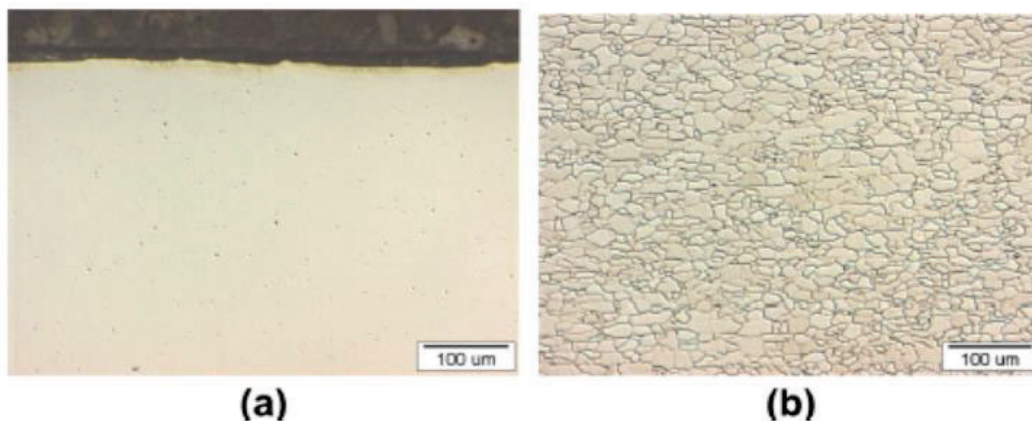


Figure 2: Microstructure of cross section of zinc coated steel 1 sheet (good capability for deep drawing). (a) Not etched and (b) etched with nital.

Rajah 2: Mikrostruktur keratan rentas kepingan keluli 1 bersalut zink (keupayaan yang baik untuk penarikan dalam). (a) tidak dipunar dan (b) dipunar dengan nital

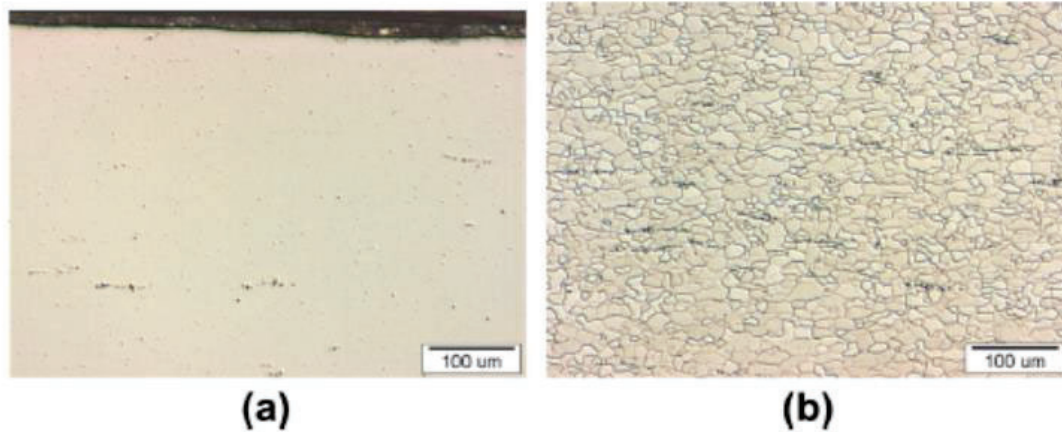


Figure 3: Microstructure of cross section of zinc coated steel 2 sheet (bad capability for deep drawing). Particles and elongated cracks in the rolling direction. (a) Not etched and (b) etched in nital.

Rajah 3: Mikrostruktur keratan rentas kepingan keluli 2 bersalut zink (keupayaan tidak baik untuk penarikan dalam). Zarah dan retak memanjang dalam arah gelekan. (a) tidak dipunat dan (b) dipunat dalam nital.

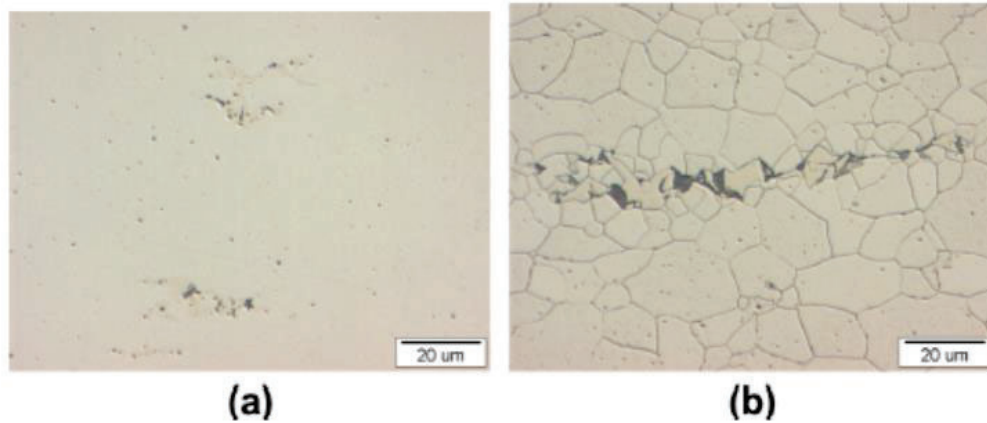


Figure 4: Microstructure of steel 2 sheet. Particles in ferrite and small cracks at the interface ferrite–cementite. (a) not etched and (b) etched in nital

Rajah 4: Mikrostruktur kepingan keluli 2. Zarah dalam ferit dan retak kecil pada antara muka ferit–simentit. (a) tidak dipunat dan (b) dipunat dalam nital

Table 2 : Hardness elaborate of steel 1 and steel 2.

Jadual 2: Kekerasan bagi keluli 1 dan keluli 2

<i>Material</i>	<i>Hardness (HV1)</i>	<i>Average hardness (HV1)</i>
<i>Steel 1</i>	<i>106, 109, 107, 103, 102</i>	<i>106</i>
<i>Steel 2</i>	<i>118, 139, 104,</i>	<i>120</i>

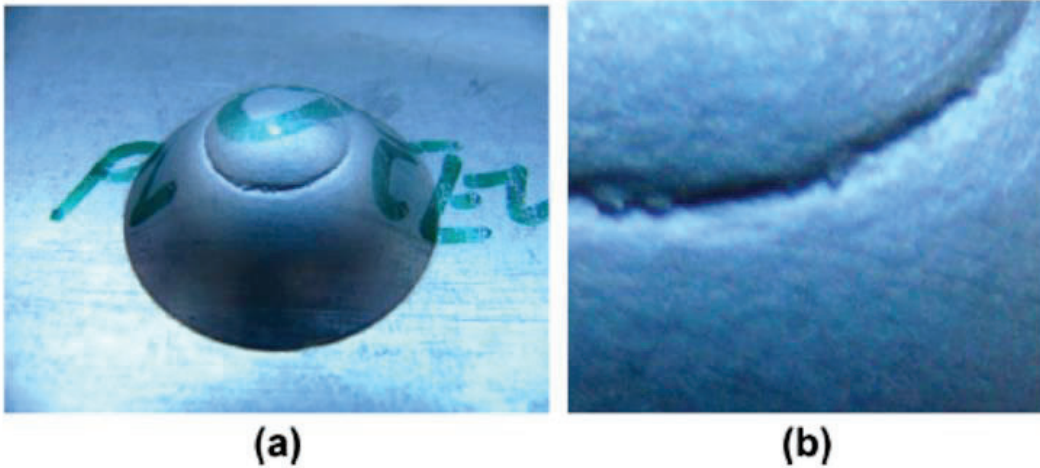


Figure 5: (a) Image shows result of Erichsen deep drawing test of steel 1 sheet. Zinc layer was compact. (b) Image of high magnification of contraction at crack confirms good workability of steel 1.

Rajah 5: (a) Imej menunjukkan hasil ujian penarikan dalam Erichsens bagi kepingan keluli 1. Lapisan Zink adalah padat. (b) Imej magnifikasi tinggi menunjukkan penguncupan pada retak mengesahkan keboleherjaan yang baik bagi keluli 1.

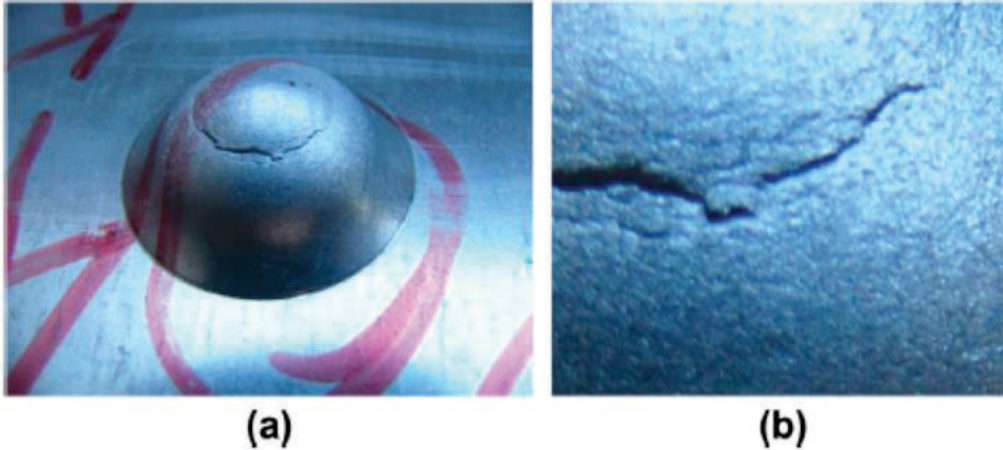


Figure 6: (a) Image showing Erichsen deep drawing test of steel 2 sheet. Zinc coating is cracked and the layer is peeled off the surface. (b) High magnification image show detail of crack without contraction confirms worse workability of steel 2.

Rajah 6: (a) Imej menunjukkan ujian penarikan dalam Erichsen bagi kepingan keluli 2. Salutan zink retak dan lapisan terkelupas dari permukaan. (b) Imej magnifikasi tinggi retak tanpa penguncupan mengesahkan keboleherjaan yang lebih teruk bagi keluli 2.

PART B / BAHAGIAN B

- (4). (a). Material smearing can have a very detrimental effect on liquid penetrant inspection. Describe what is material smearing and how to overcome this issue in order to get an effective results.

Contengan pada permukaan pada bahan mampu memberi kesan buruk terhadap pemeriksaan penusukan logam. Perihalkan apakah dimaksudkan dengan contengan bahan dan bagaimanakah isu ini dapat diatasi untuk memberikan hasil keputusan yang efektif

(8 marks/markah)

- (b). Ionizing radiation is an extremely important NDT tool but it can pose a hazard to human health. Discuss how radiation exposure can be monitor and control to minimize the dangerous effect.

Radiasi secara pengionan sangat penting kepada ujian NDT tetapi boleh menyebabkan bahaya kepada kesihatan manusia. Bincangkan bagaimanakah pendedahan radiasi boleh dipantau dan dikawal untuk meminimakan kesan bahaya proses pengionan ini.

(9 marks/markah)

- (c). Briefly explain 2 (two) of the common application of visual inspections. Your answer must include the purpose of the inspection and equipment that being used to run the inspection

Terangkan secara ringkas 2 (dua) aplikasi yang biasa untuk ujian pemeriksaan visual. Jawapan anda mestilah mencakupi tujuan pemeriksaan serta peralatan yang digunakan untuk menjalankan pemeriksaan ini.

(8 marks/markah)

...12/-

- (5). (a). Explain the principles of eddy current non-destructive testing (NDT). Provide an example of a scenario where eddy current testing would be the preferred method of inspection and discuss the advantages it offers in that specific case.

Terangkan prinsip ujian tidak musnah arus pusar (NDT). Sediakan contoh senario di mana ujian arus pusaran akan menjadi pilihan kaedah pemeriksaan dan bincangkan kelebihan yang ditawarkan dalam kes khusus tersebut.

(10 marks/markah)

- (b). Discuss THREE factors that affect the performance of eddy current testing.

Bincangkan TIGA faktor yang mempengaruhi prestasi ujian arus pusar.

(6 marks/markah)

- (c). Discuss the functions of the key components of an eddy current testing equipment setup.

Bincangkan fungsi komponen utama peralatan ujian arus pusar.

(9 marks/markah)

- (6). (a). Describe the concept of fatigue failure in materials, including the factors that contribute to fatigue and the methods used to mitigate fatigue failure.

Huraikan konsep kegagalan lesu dalam bahan termasuk faktor yang menyumbang kepada kelesuan dan kaedah yang digunakan untuk mengurangkan kegagalan lesu.

(5 marks/markah)

...13/-

- (b). Seven failed bolts of zinc-plated Grade 12.9 bolts were submitted for failure analysis evaluation to AAS Sdn. Bhd. The bolts were part of a recently installed linear rail assembly on a marine shaft lathe, which used one hundred bolts per rail. The bolts were observed to have failed several days after installation and prior to any significant rail use. Fine good bolts were included for evaluation, which had been located on either side of the failed bolts and remained unaffected. Table 3 shows the chemical analysis of Failed Bolt #1. The failed bolt composition is conformed to the compositional requirements of ISO 4762. No hydrogen was detected within Failed Bolt #1. However, the Good Bolt was found to have high levels of hydrogen (17ppm). All the bolt is from the same batch, plated at the same time. Microhardness testing of Failed Bolt #1 and Good Bolt #1 was conducted in accordance with ASTM E384 using a 500gf load results (Table 4). Both the Failed and Good Bolts conformed to the hardness requirements. Figure 7 shows the fracture of the failed bolts that occurred between the bolt head and shank. Stereoscopic examination found the fracture surfaces to be shiny and lacking in deformation, typical of brittle fracture. Some of the heads demonstrated a shear lip, associated with final failure. The SEM image of Failed Bolt #1 in Figure 8 show the fracture surface exhibited predominantly intergranular fracture features, associated with embrittlement of the material. Examination of the other failed bolt heads found them to exhibit the same majority intergranular fracture appearance. You have been assigned to prepare a failure analysis report of the failed bolt. The report should consist

Tujuh bolt bolt bersalut zink Gred 12.9 yang gagal telah diberikan kepada AAS Sdn. Bhd. untuk penilaian analisis kegagalan. Bolt adalah sebahagian daripada pemasangan rel linear yang baru

...14/-

dipasang pada mesin pelarik aci marin, yang menggunakan seratus bolt setiap rel. Bolt diperhatikan telah gagal beberapa hari selepas pemasangan dan sebelum sebarang penggunaan rel yang ketara. Lima bolt yang baik turut disertakan untuk penilaian yang terletak pada kedua-dua belah bolt yang gagal dan kekal tidak terjejas. Jadual 3 menunjukkan analisis kimia bagi Bolt Gagal #1. Komposisi bolt yang gagal mematuhi keperluan komposisi ISO 4762. Tiada hidrogen dikesan dalam Bolt Gagal #1. Walau bagaimanapun, Bolt Baik didapati mempunyai tahap hidrogen yang tinggi (17ppm). Semua bolt adalah dari kelompok yang sama, bersalut pada masa yang sama. Ujian mikrokekerasan bagi Bolt Gagal #1 dan Bolt Baik #1 telah dijalankan mengikut ASTM E384 menggunakan beban 500gf (Jadual 4). Kedua-dua Bolt Gagal dan Baik mematuhi keperluan kekerasan. Rajah 7 menunjukkan keretakan bolt gagal yang berlaku di antara kepala bolt dan batang. Pemeriksaan stereoskopik mendapati permukaan patah berkilat dan kurang ubah bentuk, tipikal patah rapuh. Beberapa kepala menunjukkan bibir ricih, dikaitkan dengan kegagalan akhir. Imej SEM bagi Bolt Gagal #1 dalam Rajah 8 menunjukkan permukaan patah yang dipamerkan terutamanya ciri-ciri patah intergranular, yang dikaitkan dengan kemerosotan bahan. Pemeriksaan kepala bolt lain yang gagal majoriti mempamerkan patah intergranular yang sama. Anda telah ditugaskan untuk menyediakan laporan analisis kegagalan bolt yang gagal. Laporan tersebut hendaklah mengandungi

(a) the causes of the failed bolt failure

punca kegagalan bolt gagal

10 (marks/markah)

(b) the way to overcome the problem.

cara mengatasi masalah tersebut.

10 (marks/markah)

...15/-

Table 3: Chemical analysis of Failed Bolt #1

Jadual 3: Analisis kimia Bolt Gagal#1

<i>Composition (wt.%)</i>							
Sample	C	Mn	Si	S	P	Mo	Cr
ISO 4762	0.20- 0.50	-	-	0.035 max	0.035 max	-	-
Failed #1	0.34	0.79	0.20	0.006	0.020	0.16	1.01
	Ni	As	Se	Sb	Al	Te	H
ISO 4762	-	-	-	-	-	-	-
Failed #1	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.03	<0.01	<3ppm
Good	-	-	-	-	-	-	17ppm

Table 4: Core Microhardness Test Results

Jadual 4: Keputusan Ujian Mikrokekerasan Teras

Location	Measurements (HV500gf)	Avg. Hardness	
		385-345	39-44
Dwg Req.		385-345	39-44
Failed #1	419, 442, 439, 431, 436	433	44
Good Bolt #	422, 431, 429, 432, 436	430	44

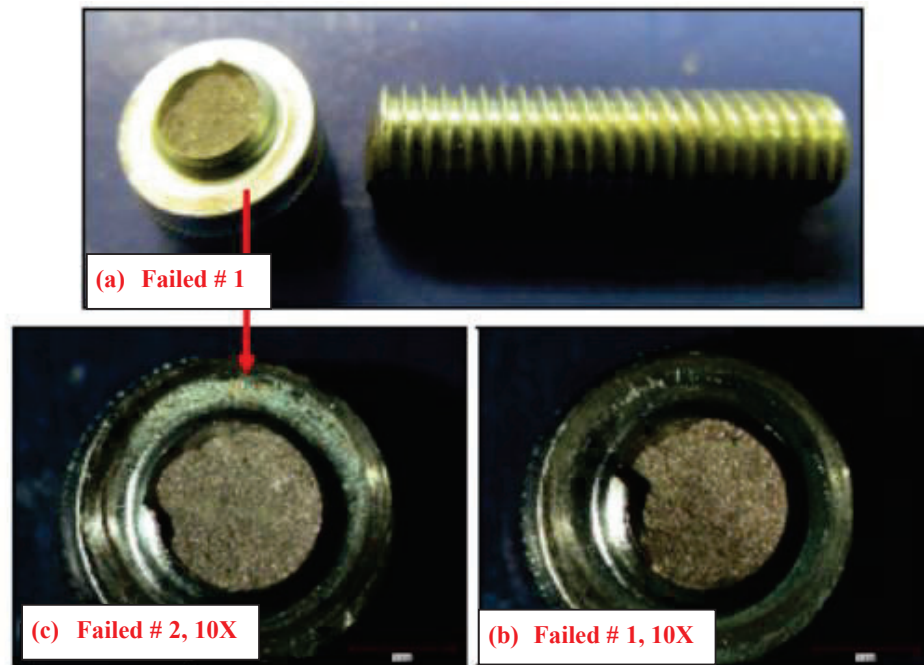


Figure 7: Photograph and macrographs displaying the failed bolt heads

Rajah 7: Fotograf dan makrograf memaparkan kepala bolt yang gagal

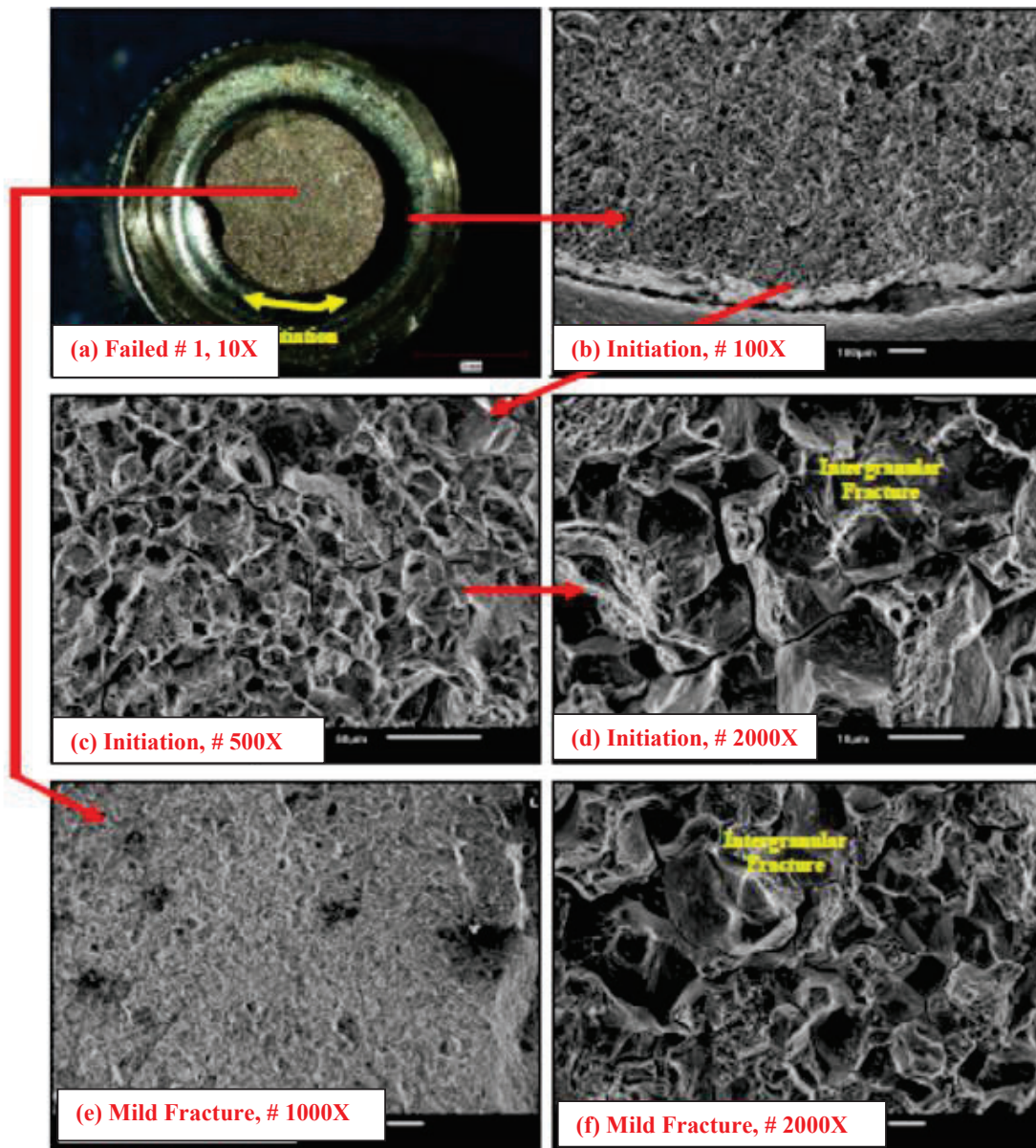


Figure 8: Macrograph and SEM images of the fracture surface of Failed Bolt #1

Rajah 8: Imej makrograf dan SEM bagi permukaan patah Bolt Gagal #1

(20 marks/markah)

- oooOooo -