



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI BRESCIA

ESAME DI STATO DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
(Lauree Specialistiche D.M. 509/99 - Lauree Magistrali D.M. 270/04 - Lauree Vecchio Ordinamento)

SEZIONE A - Prima sessione 2013

PRIMA PROVA SCRITTA DEL 20 GIUGNO 2013

SETTORE INDUSTRIALE

Tema n. 1:

Il comportamento dinamico di un meccanismo per moto vario (sistema articolato, dispositivo a camma, ecc.) può essere analizzato sperimentalmente mediante l'installazione di sensori e sistemi di acquisizione dati in grado di rilevare le principali grandezze meccaniche di interesse.

Utilizzando un esempio a scelta, il candidato illustri come potrebbe essere allestito un sistema sperimentale di prova in grado di effettuare il monitoraggio del dispositivo.

Tema n. 2:

Si descrivano le trasmissioni di potenza più adatte per impieghi nel settore delle macchine per l'industria manifatturiera.

Tema n. 3:

Per modificare le caratteristiche meccaniche e/o tecnologiche delle diverse classi di materiali metallici per usi ingegneristici si ricorre a trattamenti di varia natura. Il candidato esponga i più importanti trattamenti di interesse industriale finalizzati al miglioramento di tali caratteristiche nel caso degli acciai.

Tema n. 4:

Si discuta il tema della pianificazione della domanda commerciale per finalità legate alla configurazione, pianificazione e programmazione dei sistemi e dei processi logistico-produttivi. Si descrivano non solo le tecniche di previsione della domanda, ma tutte le scelte di impostazione del processo di previsione della domanda. In particolare, si richiede di considerare e discutere:

1) i legami tra obiettivi del processo previsionale e la strutturazione del processo stesso, facendo riferimento ad esempi concreti;

2) l'impatto del livello di aggregazione dei dati di partenza sull'output previsionale, con riferimento alle implicazioni manageriali ed al livello di accuratezza del processo, sulla base di valutazioni analitiche.

Infine, si discutano le implicazioni delle scelte di "demand management" sulle attività di pianificazione della domanda.



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI BRESCIA

ESAME DI STATO DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
(Lauree Specialistiche D.M. 509/99 - Lauree Magistrali D.M. 270/04 - Lauree Vecchio Ordinamento)

SEZIONE A - Prima sessione 2013

SECONDA PROVA SCRITTA DEL 1 LUGLIO 2013

SETTORE INDUSTRIALE

Tema n. 1

classe 29/S e LM-25: Ingegneria dell'automazione

classe 36/S e LM-33: Ingegneria meccanica

Si supponga di dover progettare il sistema di azionamento per la tavola rotante di una macchina transfer.

Il candidato proponga una possibile soluzione tecnica e illustri le principali fasi del progetto, soffermandosi in particolare sui seguenti aspetti:

- Criteri di scelta del motore;
- Criteri di scelta della trasmissione;
- Tipo di controllo da implementare;
- Metodologie per ottenere una buona risposta dinamica del sistema;
- Hardware e sensori per il controllo;
- Dispositivi di sicurezza.

Tema n. 2

classe 29/S e LM-25: Ingegneria dell'automazione

classe 36/S e LM-33: Ingegneria meccanica

Si consideri il caso di una pressa meccanica di grandi dimensioni e si consideri il problema di analizzarne il comportamento dinamico strutturale (vibrazioni) e funzionale (analisi del moto, delle temperature dei componenti della macchina).

Il candidato illustri le principali problematiche relative al tema ed in particolare indichi:

- la scelta dei trasduttori da utilizzare, indicando i criteri per la scelta e le principali peculiarità;
- la struttura generale della catena di misura per le diverse categorie di trasduttori considerati;
- la scelta dei criteri per la conversione analogico-digitale dei segnali soffermandosi sugli aspetti relativi ad aspetti di risoluzione e alle frequenze di campionamento;
- principali metodologie per la ricerca sperimentale delle deformate dinamiche della macchina e delle frequenze a cui esse avvengono, considerando in particolar modo il numero e la disposizione dei trasduttori, la loro tipologia, le strategie di eccitazione del moto, i criteri di acquisizione dei dati, gli aspetti legati all'elaborazione numerica dei segnali e alla loro interpretazione.

Tema n. 3

classe 36/S e LM-33: Ingegneria meccanica

Dopo aver illustrato i fenomeni di danneggiamento per fatica, usura e creep nei materiali metallici, il candidato ne scelga uno e ne faccia un esempio con un caso specifico, illustrando i criteri di scelta del materiale, facendo riferimento, ove possibile, alle teorie progettuali di massima e alle normative di sua conoscenza e indicando le modalità di prova e di controllo usualmente impiegate per prevedere e prevenire il guasto.

Tema n. 4

classe 34/S e LM-31: Ingegneria gestionale

LAMINO srl si trova in Val Trompia ed effettua lavorazioni di lamiera d'acciaio di diversi formati e dimensioni. Per i prodotti realizzati in maggiori volumi, la materia prima (coils di acciaio acquistati da un fornitore con sede nel vicentino) è gestita a scorta, mentre il prodotto finito è realizzato secondo una gestione a fabbisogno.

1. Si determinino i parametri di gestione per una politica di riordino a punto fisso per il coil di materia prima AI304.5. Il codice in questione (coil AI304.5) ha una domanda annua di 460 tonnellate (derivante dalla domanda di XY e di tutti i codici di prodotto finito che utilizzano l'AI304.5). Il costo di acquisto del codice AI304.5 è stimato in 2,2 euro/kg. Supponendo un costo di emissione dell'ordine pari a 55 euro/ordine, ed uno sconto sul prezzo di acquisto praticato dal fornitore di 0,5 €/kg per ordini superiori alle 20 tonnellate, si determinino il valore del lotto economico e delle scorte di sicurezza. Si consideri un tempo medio di approvvigionamento pari a 2 mesi, con una deviazione standard di una settimana. Si ipotizzi un livello di servizio desiderato del 98% ($k = 2,06$)

2. Partendo dal confronto tra gli approcci alla gestione dei materiali a scorta e a fabbisogno, si discutano le scelte di gestione adottate dalla LAMINA, identificandone pregi e difetti e possibili miglioramenti. Si effettuino tali valutazioni: a) nel caso di domanda regolare, b) nel caso di domanda variabile: b1. crescita nel tempo (mediamente del 15%), e b2. variabilità dei volumi mensili (anche del 50% rispetto ai volumi medi) con andamento stagionale o non stagionale.



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI BRESCIA

ESAME DI STATO DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
(Lauree Specialistiche D.M. 509/99 - Lauree Magistrali D.M. 270/04 - Lauree Vecchio Ordinamento)

SEZIONE A - Prima sessione 2013

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE DEL 30 LUGLIO 2013

SETTORE INDUSTRIALE

classi di laurea appartenenti ai settori:

36/S e LM-33: Ingegneria meccanica

34/S e LM-31: Ingegneria gestionale

29/S e LM-25: Ingegneria dell'automazione

Tema n.1

Il robot rappresentato in Fig. 1 viene utilizzato per depositare uno strato di mastice adesivo su pezzi in plastica. Il mastice fuoriesce da un ugello montato sull'end-effector del robot e deve essere depositato lungo una traiettoria circolare di centro O e raggio r .

Per effettuare tale operazione occorre pianificare in modo opportuno la movimentazione del robot. Il posizionamento dell'ugello secondo l'asse z viene gestito da un apposito asse motorizzato.

Il pezzo su cui deve essere depositato il mastice adesivo viene posto nella posizione indicata nella figura; il punto P indica la posizione dell'ugello.

Il robot impiegato ha due gradi di libertà: la rotazione ϑ del braccio e la traslazione ρ del carrello lungo il braccio. La movimentazione dei due assi avviene in modo sincronizzato: pertanto, per una singola movimentazione, gli istanti di partenza e di arresto coincidono. Si supponga che, all'istante iniziale, il punto P si trovi nella posizione P_0 e che la traiettoria circolare debba essere percorsa in un tempo $T = 24$ s con la legge di moto riportata in Fig. 2.

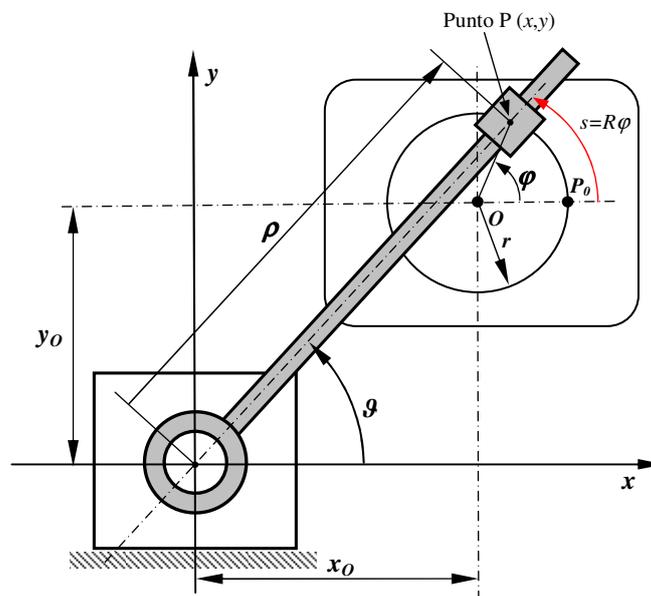


Figura 1: Schema dell'impianto robotizzato.

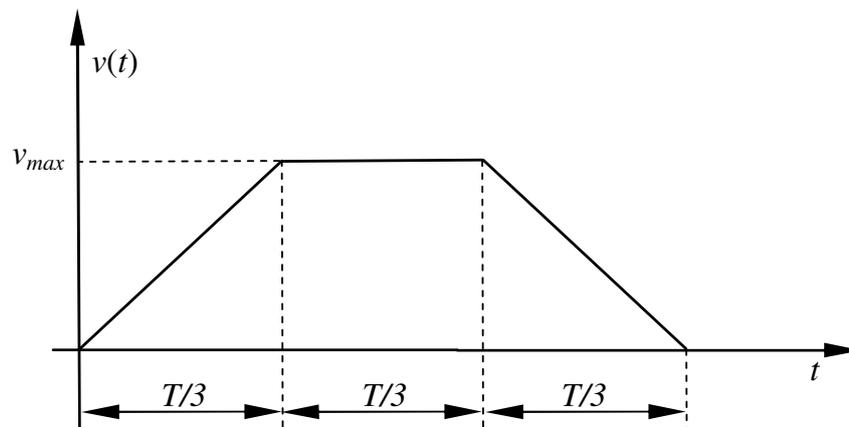


Figura 2: Velocità del punto P lungo la traiettoria.

Parte I: Area di lavoro del robot e pianificazione del moto

Utilizzando i dati assegnati si chiede di:

1. disegnare l'area di lavoro del robot, tenendo conto delle limitazioni di movimento degli assi e verificare che il percorso dell'ugello sia completamente contenuto all'interno dell'area di lavoro; nel caso in cui tale condizione non sia verificata, indicare come occorre modificare i limiti di escursione degli assi per risolvere il problema.
2. considerando come parametro l'angolo φ , scrivere le equazioni parametriche della traiettoria del punto P;
3. tenendo presente il grafico qualitativo di Fig. 2, che mostra l'andamento della velocità $v(t)$ con cui il punto P deve percorrere la traiettoria circolare, ricavare le espressioni analitiche e i diagrammi delle seguenti funzioni:

- spazio percorso lungo la traiettoria (ascissa curvilinea) $s(t) = \int_0^t v(t)dt$
- velocità tangenziale $v(t) = \frac{ds}{dt}$
- accelerazione tangenziale $a(t) = \frac{d^2s}{dt^2}$

Si riportino sugli assi cartesiani i valori numerici nelle unità del S.I.

4. completare la Tabella 1 e tracciare per punti i grafici delle funzioni $\rho(t)$ e $\vartheta(t)$;
5. in base ai diagrammi ottenuti al punto precedente calcolare approssimativamente gli istanti di tempo:
 - t_1 e t_2 in cui il senso di rotazione del braccio del robot si inverte;
 - t_3 e t_4 in cui la direzione di marcia del carrello lungo il braccio si inverte.

TABELLA 1

| t [s] | $s(t)$ [m] | $v(t)$ [m/s] | $a(t)$ [m/s ²] | $\varphi(t)$ [rad] | $x(t)$ [m] | $y(t)$ [m] | $\rho(t)$ [m] | $\vartheta(t)$ [rad] |
|---------|------------|--------------|----------------------------|--------------------|------------|------------|---------------|----------------------|
| 0 | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | |

Dati

- Raggio della traiettoria $r = 200$ mm
- Coordinate cartesiane del centro della traiettoria $x_o = 300$ mm $y_o = 500$ mm
- Limitazioni di escursione per l'asse rotativo $-20^\circ \leq \vartheta \leq +200^\circ$
- Limitazioni di escursione per il carrello traslante 450 mm $\leq \rho \leq 850$ mm

Parte II: Soluzioni costruttive

Utilizzando disegni schematici in forma di schizzo, spiegare come potrebbe essere realizzata:

1. la movimentazione del braccio rotante;
2. la movimentazione del carrello scorrevole lungo il braccio;
3. la movimentazione dell'asse che consente la traslazione verticale dell'ugello.

È possibile aggiungere brevi commenti per illustrare le scelte progettuali effettuate.

Parte III: Controllo dell'asse rotativo

In Fig. 3 è rappresentato lo schema a blocchi del sistema di controllo che permette di azionare l'asse rotativo robot. Per l'azionamento viene utilizzato un motore in corrente continua abbinato ad un riduttore avente rapporto di trasmissione z . Lo schema di controllo prevede una retroazione di velocità ed una retroazione di posizione. Il trasduttore di velocità (dinamo tachimetrica) ed il trasduttore di posizione (encoder incrementale bicanale in quadratura) sono entrambi montati sull'asse del motore. Per effettuare il controllo di posizione si utilizza un regolatore ad azione proporzionale e derivativa, con funzione di trasferimento:

$$F(s) = K_p + sK_d$$

Il motore in c.c., del tipo a magneti permanenti, viene comandato in tensione e il suo circuito di armatura ha resistenza R_a ed induttanza trascurabile.

Utilizzando i dati assegnati, si chiede rispondere alle seguenti domande:

1. calcolare la costante K_{DAC} del convertitore D/A;
2. calcolare la costante K_{enc} dell'encoder in count/rad (1 count = 1 unità intera corrispondente ad un passo di rotazione);
3. calcolare la costante K_{tach} del trasduttore di velocità angolare in $V/\text{rad s}^{-1}$;
4. tenendo conto del rapporto di trasmissione z , calcolare il momento d'inerzia ridotto all'asse del motore; per semplicità si supponga che il momento d'inerzia totale del sistema braccio + carrello traslante risulti all'incirca costante e uguale al valore J_b indicato nella sez. "Dati", sebbene il carrello possa muoversi lungo il braccio;
5. disegnare lo schema a blocchi relativo al motore e ricavarne la funzione di trasferimento $M(s)$;
6. calcolare il guadagno d'anello $L(s)$ dell'anello di posizione;
7. calcolare la funzione di trasferimento globale $G(s)$ fra la posizione effettiva ϑ e la posizione di riferimento ϑ_{rif} ;
8. dare indicazioni sulla stabilità del sistema retroazionato calcolando il margine di fase;
9. tracciare i diagrammi di Bode asintotici del modulo delle funzioni di trasferimento $L(s)$ e $G(s)$.

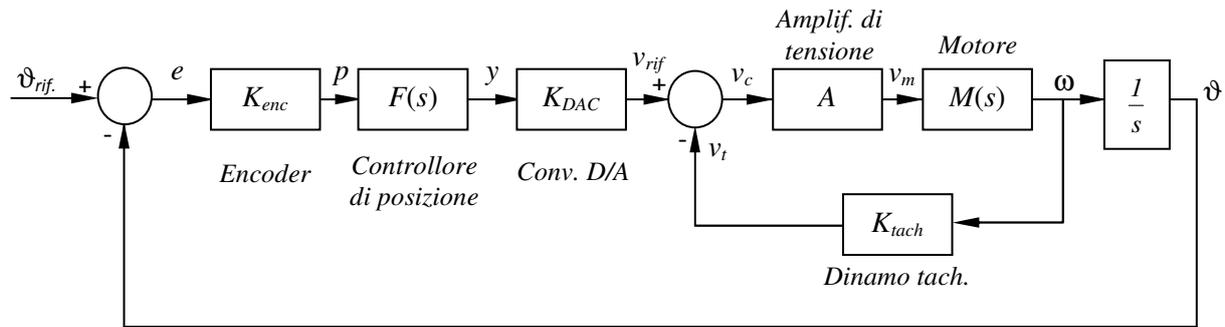


Figura 3: Schema a blocchi del controllo dell'asse rotativo.

TABELLA 2

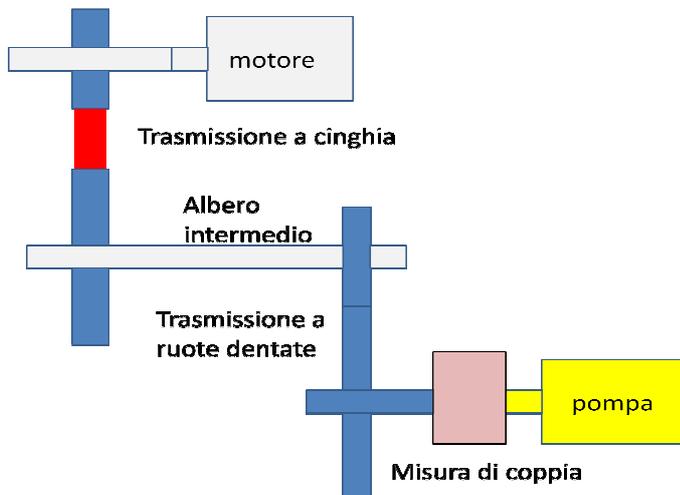
| Simb. | Descrizione | unità |
|-------------------|---------------------------------|-------|
| ϑ_{rif} | Posizione di riferimento | rad |
| e | Errore di posizione | rad |
| p | Errore di posizione equivalente | count |
| y | Valore elaborato dal regolatore | count |
| v_{rif} | Tensione di rif. velocità | V |
| v_e | Tensione errore di velocità | V |
| v_t | Tensione della dinamo tachim. | V |
| v_m | Tensione alim. del motore | V |
| ω | Velocità dell'albero motore | rad/s |
| ϑ | Posizione dell'albero motore | rad |

Dati

- Numero di bit del convertitore D/A $n = 12$
- Range di uscita del convertitore D/A $V = 20V(-10 \div +10V)$
- Numero di impulsi per giro dell'encoder bicanale $N = 1000$
- Guadagno dell'amplificatore di tensione $A = 10$
- Costante di proporzionalità della dinamo tachimetrica $K_{tach} = 12V/1000 \text{ giri min}^{-1}$
- Costante di coppia del motore $\alpha = 0.2 \text{ Nm/A}$
- Resistenza di armatura del motore $R_a = 1 \Omega$
- Rapporto di trasmissione del riduttore $z = 1/100$
- Momento d'inerzia del motore $J_m = 1.8 \times 10^{-4} \text{ kg m}^2$
- Momento d'inerzia del braccio (carrello compreso) $J_b = 0.7 \text{ kg m}^2$
- Guadagno proporzionale del controllore di posizione $K_p = 1.5$
- Guadagno derivativo del controllore di posizione $K_d = 0.2$

TEMA 2

Un banco di collaudo prevede di testare pompe idrauliche con una coppia resistente massima pari a 100 Nm con un regime di rotazione pari a 250 giri/min.

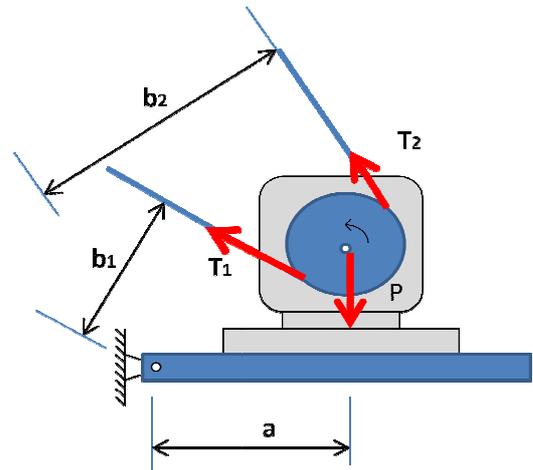


Lo schema funzionale della macchina prevede un motore asincrono trifase a 4 poli che trasferisce la potenza attraverso una trasmissione a cinghia ad un albero intermedio che, attraverso una coppia di ruote dentate, movimenta un secondo albero su cui sono montati un misuratore di coppia e la pompa da testare.

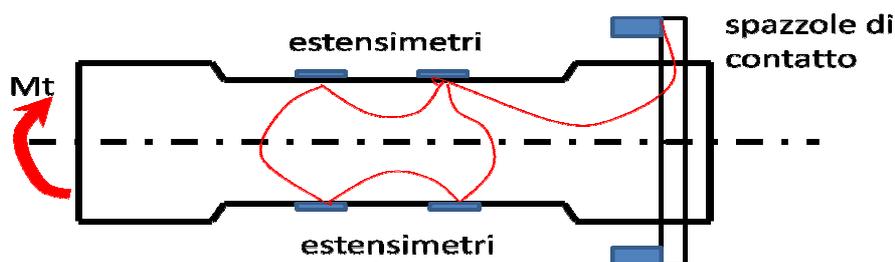
La trasmissione ad ingranaggi ha un numero di denti per le due ruote pari a 80 e 22 – modulo 4 mm.

Si chiede di:

- Dimensionare il motore scegliendo quello più idoneo dalla tabella allegata;
- Dimensionare la puleggia condotta in modo da garantire il numero di giri della pompa secondo progetto;
- Verificare la trasmissione a cinghia e dimensionare il sistema tendicinghia a gravità secondo lo schema proposto;
- Dimensionare l'albero intermedio e proporre un suo schema costruttivo (disegno di massima dell'albero, tipologia e posizione dei cuscinetti e montaggio dell'albero stesso) sapendo che, per motivi costruttivi, la distanza fra le due trasmissioni (cinghia e ruote dentate) è di 650 mm;
- Fornire un progetto di massima (diametro sezione di misura, lunghezza disposizione estensimetri e loro collegamento) un torsionometro estensimetrico in grado di misurare la coppia trasmessa dall'albero su cui è calettata la pompa sulla base del disegno proposto, fornendo una indicazione di massima del diagramma di taratura atteso ed evidenziando anche uno schema di montaggio dello stesso torsionometro fra albero e pompa con una coppia di giunti in grado di preservare il torsionometro da sollecitazioni indesiderate;
- Nell'ipotesi in cui tutta l'energia generata dalla pompa in termini di pressione si trasformi in calore che viene portato al serbatoio del fluido ed ipotizzando che il ciclo di collaudo delle pompe preveda un livello di generazione di potenza massima per il 30% del tempo e sia trascurabile nel restante 70% del tempo, proporre un dimensionamento di massima di un serbatoio a geometria prismatica senza particolari dispositivi di raffreddamento affinché la temperatura massima del fluido di collaudo raggiunga al massimo la temperatura di 50°C nell'arco di 4 ore di funzionamento.
- Se le specifiche tecniche dovessero richiedere, nel caso di upgrade del banco prova, che la temperatura non superi i 40°C e che il tempo di funzionamento a massima potenza per le



pompe collaudate sia pari al 50%, proporre una soluzione per il raffreddamento del olio e del serbatoio e un suo dimensionamento (potenza richiesta) di massima.



Schema di massima del torsiometro estensimetrico (elemento sensibile) con contatti striscianti (la posizione degli estensimetri è solamente indicativa)

Dati:

| | |
|---|--|
| Coppia resistente pompa (max): | 100 Nm |
| Numero giri pompa: | 250 giri/min |
| Trasmissione a ruote dentate | modulo 4 mm numero denti 22 – 80 |
| Diametro puleggia motrice (trasmissione a cinghia): | 150 mm |
| Supporto motore: braccio cinghie: | b1 = 300 mm b2 = 500 mm a = 350 mm |
| Coeff. scambio termico convettivo (di riferimento) | $h = 20 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ |
| Temperatura ambiente (di riferimento): | 20 °C |
| Calore specifico | olio 2000 J/kg K alluminio 880 J/kg K acciaio 500 J/kg K |
| Densità | olio 910 kg/m ³ alluminio 2700 kg/m ³ acciaio 7870 kg/m ³ |

Caratteristiche dei motori elettrici a 4 poli – 1500 giri/min

| TIPO Type | Potenza Power Kw | Velocità Speed Giri/min | J Kg m2 | Rend Eff % | Fattore di potenza Power factor Cosφ | Corrente Current In a 400 V A | Coppia Nominale Nominal Torque Nm | Coppia di Spunto Starting Torque Ca/Cn | Corrente di spunto Starting Current Ia/In | Coppia Massima Max torque Cmax/Cn | Rumor. Noise dB(A) | Forma B3 Mount.B3 Peso Weight Kg |
|--------------|------------------------|-------------------------------|------------|------------------|--|---|---|--|---|--|--------------------------|--|
|--------------|------------------------|-------------------------------|------------|------------------|--|---|---|--|---|--|--------------------------|--|

Serie CA – Carcassa in alluminio

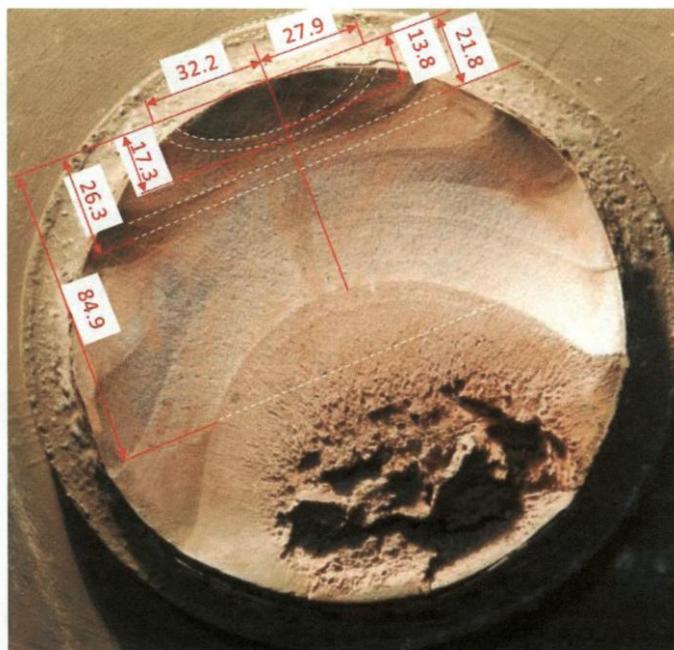
CA Line – Aluminium Frame

| | | | | | | | | | | | | |
|------------|------|------|--------|------|------|------|-------|-----|-----|-----|----|------|
| CA 63-a | 0.13 | 1340 | 0.0002 | 60 | 0.6 | 0.5 | 0.93 | 2.3 | 3 | 2.3 | 49 | 3.8 |
| CA 63-b | 0.18 | 1340 | 0.0003 | 61 | 0.6 | 0.7 | 1.28 | 2.3 | 3 | 2.3 | 49 | 4.1 |
| CA 71-a | 0.25 | 1350 | 0.0004 | 68 | 0.65 | 0.8 | 1.77 | 2 | 3.5 | 2 | 51 | 5.7 |
| CA 71-b | 0.37 | 1350 | 0.0005 | 69 | 0.67 | 1.2 | 2.62 | 2 | 3.5 | 2 | 51 | 7 |
| CA 80-a | 0.55 | 1360 | 0.0012 | 72 | 0.7 | 1.6 | 3.86 | 2.3 | 4.3 | 2.3 | 54 | 8.6 |
| C1A 80-b | 0.75 | 1360 | 0.0017 | 73 | 0.73 | 2.0 | 5.27 | 2.3 | 4.3 | 2.3 | 54 | 10 |
| C1A 90S | 1.1 | 1380 | 0.0022 | 76.2 | 0.78 | 2.7 | 7.61 | 2.3 | 4.5 | 2.5 | 56 | 11.9 |
| C1A 90L | 1.5 | 1380 | 0.0028 | 78.5 | 0.77 | 3.6 | 10.38 | 2.3 | 4.5 | 2.5 | 56 | 14.2 |
| C1A 100L-a | 2.2 | 1410 | 0.005 | 81 | 0.79 | 5.0 | 14.90 | 2 | 4.5 | 2.2 | 60 | 18.7 |
| C1A 100L-b | 3 | 1410 | 0.006 | 82.6 | 0.8 | 6.6 | 20.32 | 2 | 4.5 | 2.2 | 60 | 21.2 |
| C1A 112MT | 4 | 1420 | 0.009 | 84.2 | 0.81 | 8.5 | 26.9 | 2.4 | 5 | 2.5 | 60 | 25.7 |
| C1A 132S | 5.5 | 1430 | 0.021 | 85.7 | 0.8 | 11.6 | 36.7 | 2.1 | 6 | 2.5 | 63 | 43 |
| C1A 132M-a | 7.5 | 1430 | 0.028 | 87 | 0.81 | 15.4 | 50.1 | 2.1 | 6 | 2.5 | 63 | 50.3 |
| C1A 132M-b | 9 | 1430 | 0.034 | 87 | 0.81 | 18.5 | 60.1 | 2.1 | 6 | 2.5 | 63 | 55.8 |
| C1A 160MT | 11 | 1465 | 0.039 | 88.4 | 0.83 | 21.7 | 71.7 | 2.6 | 5.9 | 2.6 | 63 | 69.5 |

TEMA 3

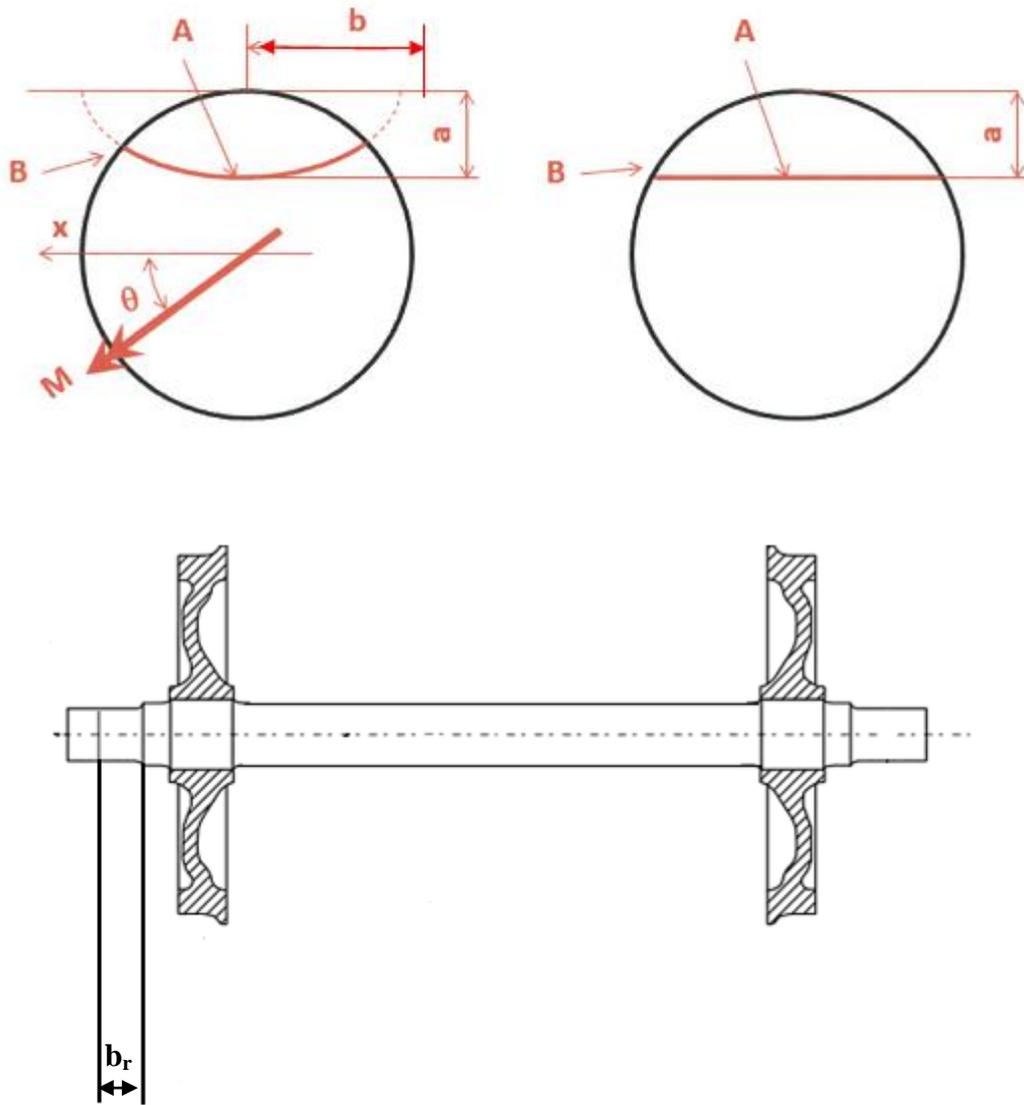
ESERCIZIO 1

In figura viene riportata la superficie di frattura di un assile avvenuta dopo l'ultimo montaggio di un carro cisterna; si notino le indicazioni relative alle forme assunte dal fronte del difetto.



Di seguito vengono riportati tutti i dati relativi al caso in esame e l'indicazione delle principali tipologie di frattura riscontrabili negli assili.

| | |
|------------------------------|---|
| $\Phi_r = 920 \text{ mm}$ | Diametro ruota |
| $\Phi_R = 184.4 \text{ mm}$ | Diametro calettamento ruota |
| $\rho = 15.5 \text{ mm}$ | Raggio raccordo intaglio variazione diametro |
| $P_s = 22500 \text{ km}$ | Percorrenza dopo ultima revisione |
| $P_{uv} = 400 \text{ km}$ | Percorrenza ultimo viaggio |
| $n_v = 11$ | Numero viaggi andata e ritorno |
| $b_r = 0.155 \text{ m}$ | Braccio della forza sulla ruota rispetto alla sezione di frattura |
| $\Phi_a = 146 \text{ mm}$ | Diametro della sezione di frattura |
| $a_{cr} = 89 \text{ mm}$ | Dimensione finale del difetto |
| $a_{lim1} = 17.3 \text{ mm}$ | Limite superiore dimensione difetto per $a/b=0.5$ |
| $a_{lim2} = 21.8 \text{ mm}$ | Limite inferiore dimensione difetto per $a/b=0$ |
| $\sigma_y = 480 \text{ MPa}$ | Tensione di snervamento del materiale |
| $n_a = 4$ | Numero assili per carro cisterna |
| $m_c = 80000 \text{ kg}$ | Massa cisterna a pieno carico |



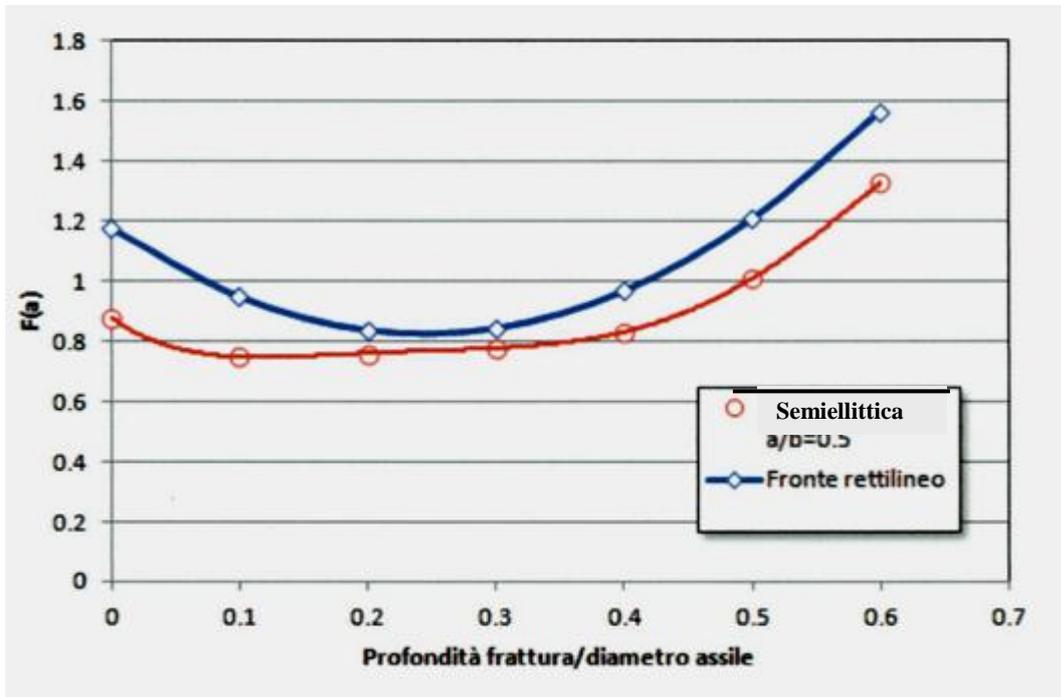
- 1) Partendo dalla conoscenza delle dimensioni assunte dal fronte del difetto e della dimensione finale della frattura, il candidato proceda a stimare la presumibile dimensione della cricca presente nell'assile al momento dell'ultimo montaggio sul carro cisterna, esplicitando i passaggi. Il candidato, scelga in quale punto del fronte della frattura effettuare i calcoli richiesti e ne esponga brevemente la motivazione.
- 2) Una volta determinata la lunghezza iniziale del difetto si verifichi l'attendibilità del metodo utilizzato.

Per il calcolo si assumano le seguenti ipotesi semplificative:

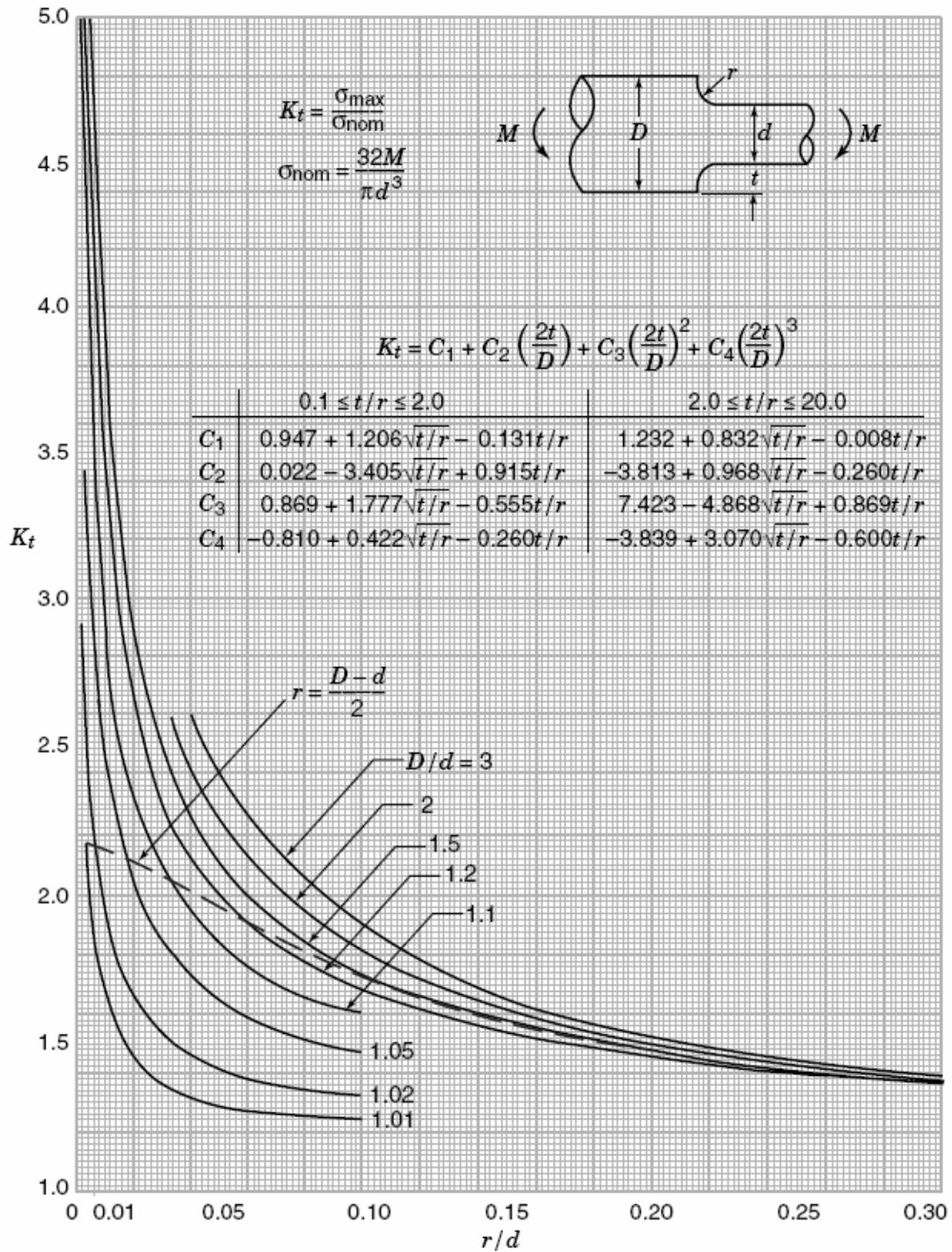
- Si assuma che le tensioni prodotte sulla sezione di frattura dal montaggio forzato del mozzo-ruota siano trascurabili;
- Si consideri che l'avanzamento della frattura sia avvenuto soltanto durante i viaggi a pieno carico;
- Si assuma che il fronte della frattura non risulti sollecitato durante la fase di compressione;

Di seguito sono riportati i grafici necessari per:

- a) il calcolo del fattore correttivo rispetto alla forma della frattura (approssimarlo al primo decimale);



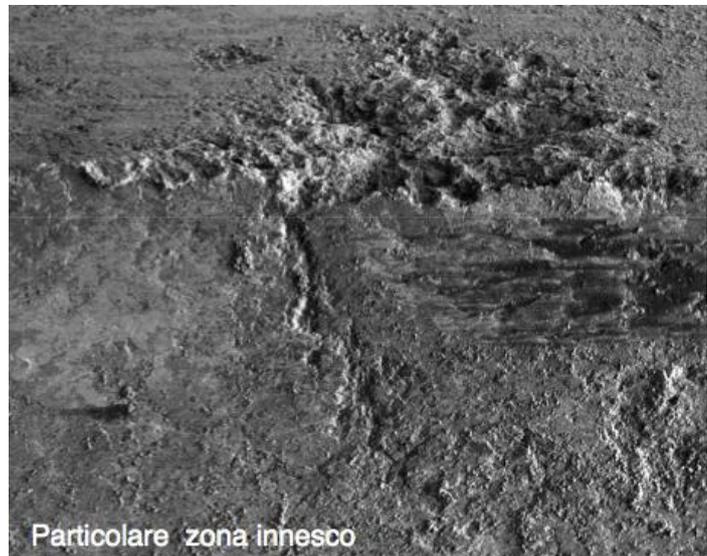
b) l'andamento del coefficiente k_t per un albero sottoposto a flessione con spallamento;



c) l'andamento dei coefficienti relativi al materiale dell'assile C e n;

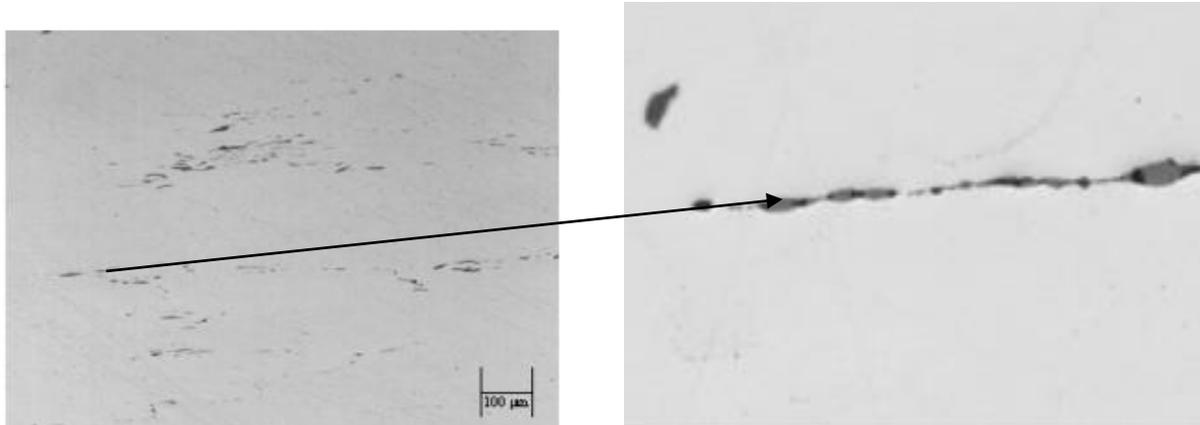
$$c e n f(\Delta K) = \begin{cases} \left[1.58124 \cdot 10^{-18} \cdot \left(\frac{\Delta K}{MPa\sqrt{m}} \right)^{8.8} \right] mm \text{ se } \left(\frac{\Delta K}{MPa\sqrt{m}} \right) < 12 \\ \left[1.082985 \cdot 10^{-10} \cdot \left(\frac{\Delta K}{MPa\sqrt{m}} \right)^{4.3605} \right] mm \text{ se } \left(\frac{\Delta K}{MPa\sqrt{m}} \right) > 12 \end{cases}$$

- 3) Nelle figure sottostanti vengono riportati alcuni particolari a diversi ingrandimenti della zona corrispondente all'innesco della frattura. Il candidato ne riconosca la causa e formuli delle ipotesi riguardo agli eventi che hanno portato a tale cedimento. Infine, considerando il risultato ottenuto relativamente alla dimensione iniziale della cricca e dopo aver osservato la frattura, in particolare nella zona di innesco, il candidato valuti la possibilità che tale difetto potesse essere o meno individuato dai controlli non distruttivi periodici effettuati su tali assili e ne commenti brevemente la risposta.

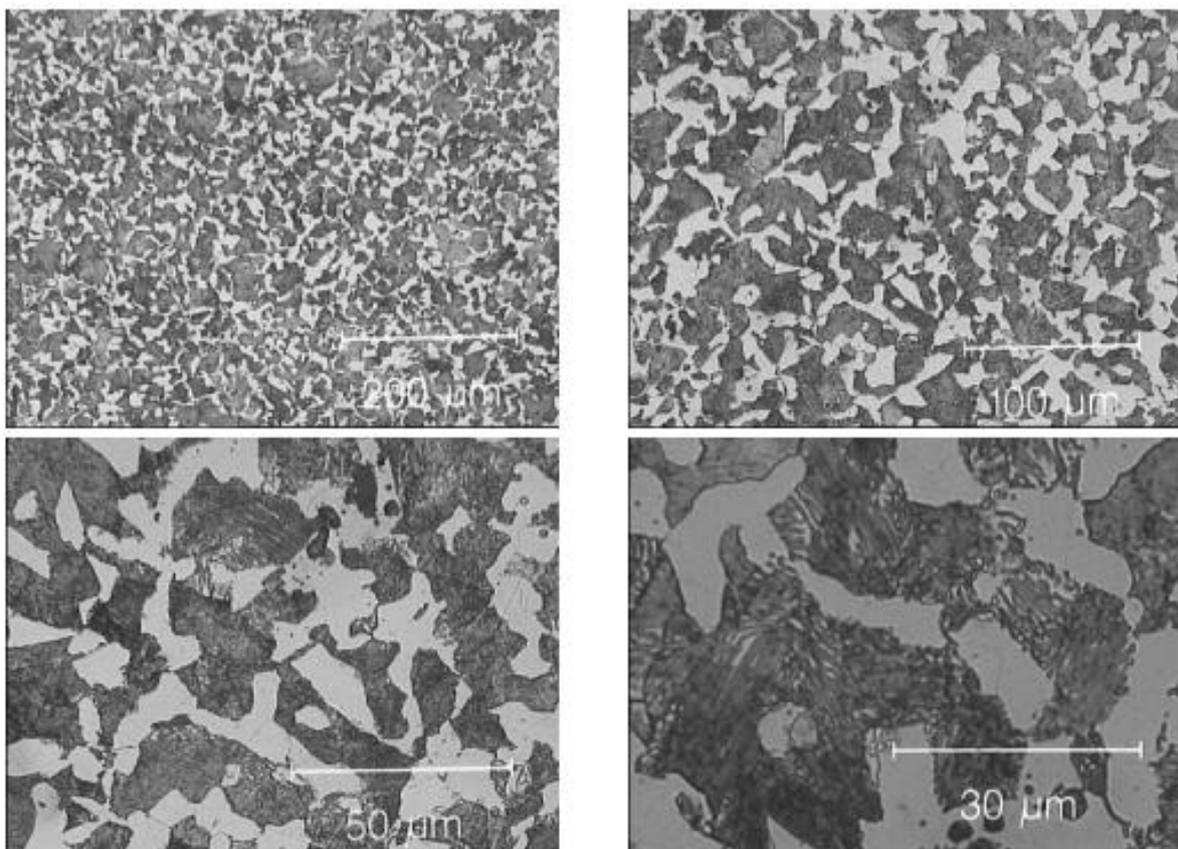


- 4) Successivamente è stato prelevato un campione dall'assile ed è stata effettuata l'analisi micrografica di cui vengono riportate alcune immagini a diverso ingrandimento della sezione lucidata e poi attaccata. Il candidato commenti brevemente la micrografia sul campione lucidato, individui i costituenti strutturali visibili nelle micrografie del campione attaccato e, dopo una stima percentuale di massima degli stessi, calcoli la percentuale di carbonio dell'acciaio utilizzato ipotizzando il probabile trattamento effettuato sullo stesso.

Sezione lucidata



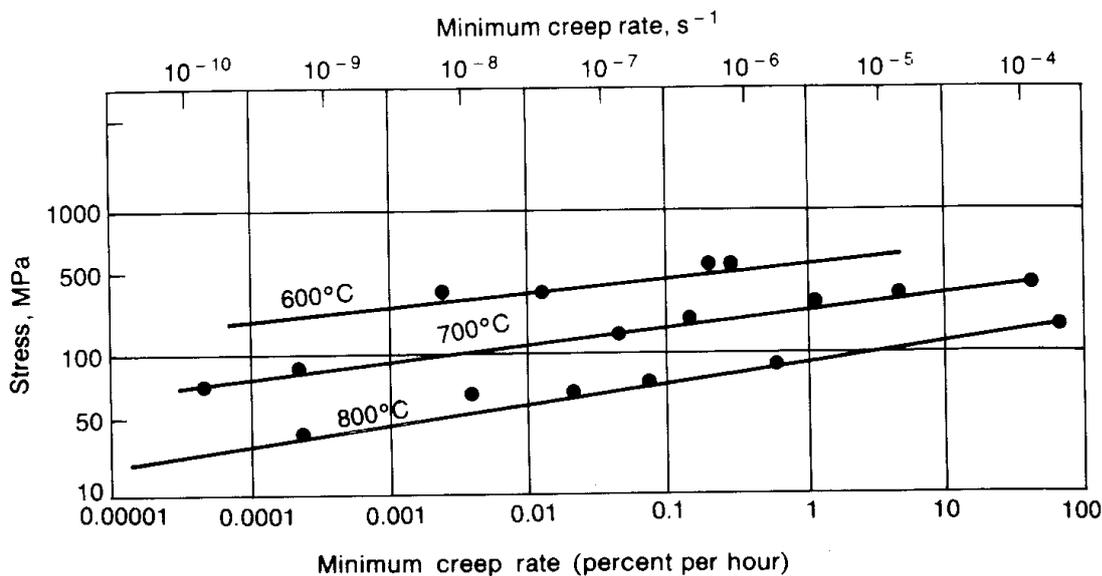
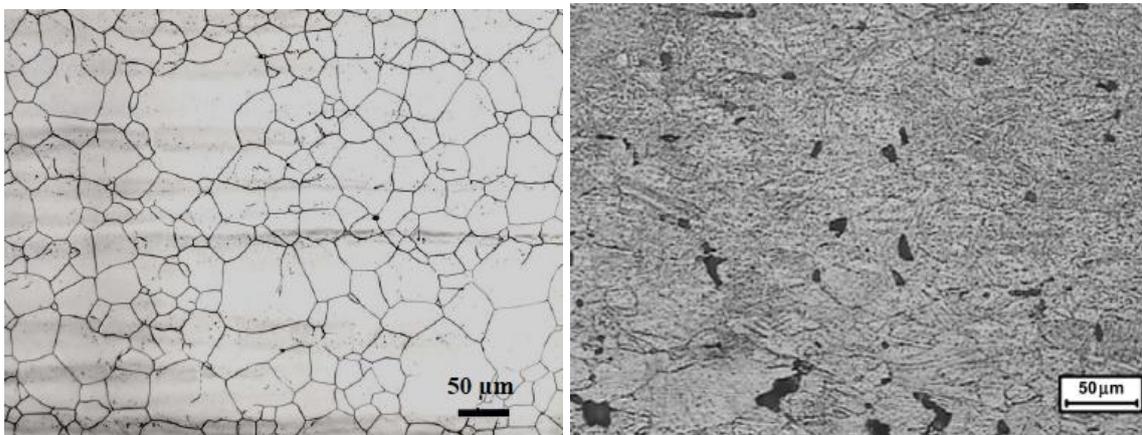
Sezione lucidata e attaccata

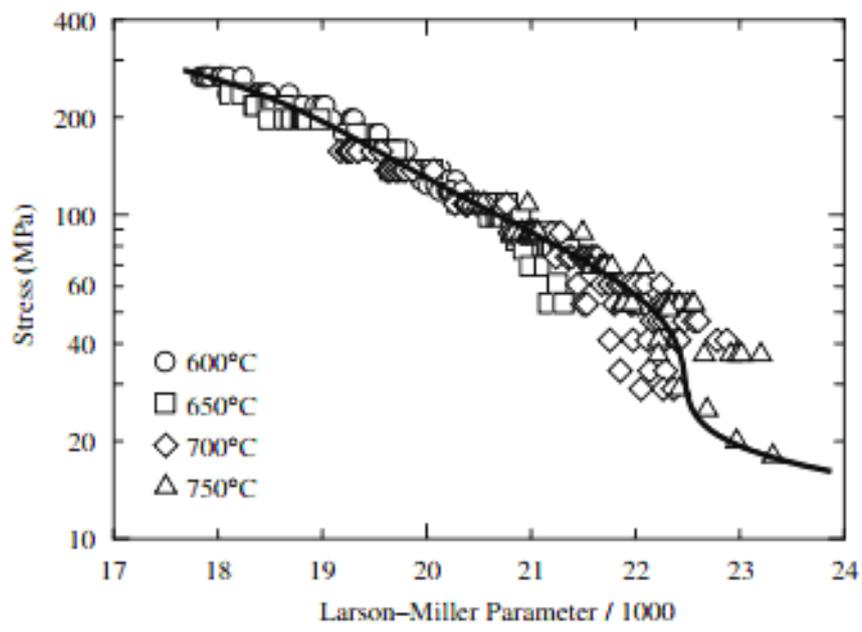


ESERCIZIO 2

Un componente cilindrico costruito in acciaio inox 316 viene sottoposto a trazione per 10000 ore ad una temperatura di 700 °C . Vengono riportati il diagramma logaritmico del carico in funzione della velocità stazionaria di creep e la master curve in funzione del parametro di Larson-Miller. Sapendo che la lunghezza della barra 850 mm e il diametro è di 20 mm, il candidato calcoli:

- Il valore di carico necessario ad ottenere un allungamento totale di 10 mm, stimando che la somma dell'allungamento istantaneo e primario di creep sia pari a 0.9 mm.
- Lo sforzo in esercizio a 600°C e 800°C per l'acciaio 316, considerando che il criterio di progettazione è basato sulla resistenza a l creep (1% di allungamento in 1000 ore). Usare un fattore di sicurezza pari a 2 sul carico.
- L'energia di attivazione per creep utilizzando uno stress di 100 MPa e temperature di 700 °C e 645 °C, stimando rispettivamente il valore della velocità stazionaria di creep.
- Lo stress richiesto per la rottura del componente in 1000 ore alla temperature di 600 °C e 650°C, considerando $C=16,8$.
- Commentare la micrografie sottostanti.





TEMA 4

La Anabbaglianti SpA è una piccola azienda che produce proiettori per autoveicoli di serie. Attualmente realizza i proiettori anteriori per la KIA RIO.

Giornalmente alle 8.00 del mattino, arriva dallo stabilimento di montaggio delle RIO, situato in Polonia, l'ordine di spedizione per i proiettori il cui montaggio verrà effettuato due giorni dopo. I cassoni contenenti i proiettori ordinati vengono prelevati dal magazzino prodotti finiti e caricati sul camion che, alle 18.00 precise, parte alla volta della Polonia, dove arriva circa alle 20.00 del giorno successivo, appena in tempo per scaricare i cassoni direttamente a bordo della linea di montaggio, che inizierà ad utilizzarli all'inizio del turno alle 6.00 della mattina successiva. Attualmente vengono forniti allo stabilimento polacco 4 articoli di proiettore, ottenibili incrociando il lato guida (guida a destra e guida a sinistra per il mercato Britannico) con la versione (versione normale e leveling, regolabile direttamente all'interno dell'abitacolo). I cassoni forniti contengono ciascuno 200 coppie di proiettori (ciascuna coppia contiene un proiettore destro e uno sinistro). La Anabbaglianti fornisce anche i medesimi 4 articoli da utilizzare come ricambistica. In questo caso essi sono confezionati singolarmente in scatole, e successivamente pallettizzati su euro pallet da 100 scatole monoarticolo: in tutto si contano quindi 8 articoli di ricambio, considerando che in questo caso i proiettori destri e sinistri vengono confezionati su pallet a sé stanti. La KIA RICAMBI inoltra settimanalmente ordini di riassortimento per tutti gli 8 articoli in gamma, da consegnare entro la settimana successiva.

Vi sono 2 linee di montaggio manuale a modelli misti, ciascuna delle quali può realizzare ognuno dei 12 articoli di prodotto finito realizzati. La cadenza produttiva di ciascuna linea, indipendentemente dall'articolo montato, è di 50 proiettori / ora per singolo addetto per i proiettori normali e 40 proiettori/ora per i proiettori leveling, che sono più complessi. Ciascuna linea può ospitare un qualsiasi numero di addetti tra 1 e 4. Il reparto montaggio funziona su 1 turno giornaliero da 8 ore, a partire dalla 8.30 del mattino e sino alle 17.30, compresa una sospensione di un'ora per il pranzo. Il titolare della ditta appena ricevuto alle 8 del mattino il fax con l'ordine di spedizione da realizzare a fine turno, decide quante linee attivare e quante persone immettere in linea di montaggio per rispettare le consegne: infatti non si ha ricordo che sia mai capitata una spedizione incompleta per colpa della insufficienza di capacità di montaggio.

Il reparto montaggio utilizza alcuni articoli d'acquisto (eminentemente: le lenti in vetro, i connettori elettrici, le lampadine ed alcuni articoli di viteria e minuteria metallica), ed una serie di articoli prodotti internamente: i corpi e le parabole. I fornitori di questi articoli impiegano normalmente 4 giorni a fornire quanto ordinato, e non si ricorda che ci abbiano mai impiegato più di 5 giorni.

I corpi, realizzati internamente per stampaggio ad iniezione con polimero termoplastico, sono di due tipi diversi: normale e levelling. La pressa dedicata alla loro produzione sviluppa una spinta di 1.000 tonnellate ed impiega uno stampo bifigura del valore di 200.000 €. Ogni stampata produce quindi 2 corpi del medesimo tipo, uno destro ed uno sinistro. La cadenza produttiva normale della pressa è di circa 50 stampate/ora. La pressa lavora per 3 turni al giorno, di 8 ore ciascuno, su 5 giorni la settimana. Ciascuna settimana, di norma, entrambi gli articoli vengono prodotti nelle appropriate quantità: per cambiare lo stampo sono necessarie almeno 4 ore tra smontaggio dello stampo vecchio, montaggio e preriscaldamento dello stampo nuovo, e settaggio dei parametri produttivi del nuovo articolo. Dopo essere stati stampati i corpi vengono sbavati e deposti in cestoni da 100 coppie destro-sinistro.

Anche le parabole vengono prodotte per stampaggio ad iniezione, ma sono costituite di polimero termoindurente, per evitare che, sottoposte al calore della lampada, fondano. Vi sono due tipologie di parabola: quella per veicoli con guida a destra (normale) e quella per veicoli con guida a sinistra, tipicamente impiegata per il mercato britannico. La pressa dedicata allo stampaggio delle parabole sviluppa una spinta di 1.500 tonnellate ed impiega uno stampo bifulco costato 300.000 €. Ogni stampata produce quindi 2 parabole del medesimo tipo, una destra ed una sinistra. La cadenza produttiva normale della pressa è di circa 60 stampate/ora. La pressa lavora per 3 turni al giorno, di 8 ore ciascuno, su 5 giorni la settimana. Ciascuna settimana, di norma, entrambi gli articoli vengono prodotti nelle appropriate quantità: ogni cambio stampo richiede circa 6 ore di tempo per essere effettuato. Dopo essere state stampate le parabole vengono sbavate e deposte in cestoni da 200 coppie destro-sinistro.

I cestoni di parabole completi vengono poi inviati alla linea di alluminatura, che provvede alla deposizione sull'interno della parabole di un sottilissimo strato di vernice in alluminio, perfettamente riflettente, che conferisce le adeguate proprietà ottiche alla parabola. La linea è costituita da un tunnel, all'interno del quale le parabole vengono immerse appendendole a ganci, a loro volta fissati ad una catena fa transitare le parabole all'interno del tunnel a velocità costante. All'interno del tunnel le parabole vengono prima lavate e sgrassate, poi asciugate, indi verniciate a spruzzo ed infine essiccate, in maniera da garantire una adesione ottima della vernice di alluminio: il tutto richiede circa 2 ore di tempo dall'immissione all'uscita delle parabole. La linea di alluminatura lavora per 1 turno al giorno di 8 ore, ad una cadenza di 1 parabola ogni 2 secondi. All'uscita dal tunnel, le parabole alluminate vengono collocate entro cassoni da 100 coppie destro-sinistro ed inviate al controllo qualità.

Il controllo viene effettuato in un laboratorio ottico che effettua un'ispezione visiva sul 100% delle parabole realizzate e prove a campione non distruttive su alcuni esemplari di ciascun cassone per assicurarsi che non ci siano problemi di conformità: normalmente viene scartato il 5% della parabole che arrivano al controllo. Tipicamente, nel 90% dei casi il controllo viene eseguito entro il giorno lavorativo successivo al ricevimento del cassone dal reparto alluminatura; nel restante 10% dei casi, quando gli operatori del collaudo non riescono ad evadere tutte le loro attività in giornata, invece esso richiede 2 giorni. Solo a valle del benessere del controllo qualità le parabole possono essere utilizzate dal montaggio.

Sapendo che il mix richiesto dal mercato è composto per l'80% da proiettori standard e solo per il restante 20% da proiettori levelling, e considerando che solo il 5% del volume di produzione è destinato al mercato britannico:

a) Capacità produttiva

1. Si calcoli la capacità produttiva annua della ANABBAGLIANTI SPA, nella situazione descritta nel testo

2. Si misuri il livello di impiego della capacità produttiva messa a disposizione dai diversi reparti nella situazione attuale, identificando le criticità in termini di risorse produttive, stati di utilizzo dei reparti (o macchinari) e rese. Si propongano possibili leve di miglioramento.

b). Tempo di attraversamento. Si calcoli il LEAD TIME complessivo di attraversamento di ciascuna delle fasi produttive e dell'intero sistema di produzione per i diversi prodotti forniti.

c). Ciclo di evasione ordine. Si utilizzi una rappresentazione grafica (es. diagrammi di flusso) per descrivere il processo di gestione ed evasione dell'ordine cliente da parte dell'azienda. Si stimi, facendo le opportune ipotesi se necessario, il tempo ciclo ordine-consegna medio di Anabbaglianti

d). *Gestione dei materiali*. Ipotizzando che la domanda annua sia pari alla capacità produttiva, con una deviazione standard mensile del 10%, si determinino i parametri delle politiche di gestione a scorta dei componenti di acquisto del reparto montaggio. Si confrontino le politiche di gestione a punto fisso ed a periodo fisso di riordino, sapendo che il costo medio di emissione ordine è stimato in 8 €, ed il costo finanziario del capitale è stimato al 8%. Si indichi quale politica risulta preferibile e si motivi la scelta con valutazioni analitiche dei livelli di costo e di servizio implicati.

e.) *Analisi investimenti*.

La Anabbaglianti sta valutando di incrementare i volumi produttivi dello stabilimento polacco, trasferendovi anche la produzione di altri modelli di proiettore attualmente realizzati in Spagna. I parametri produttivi dei modelli trasferiti (operazioni, tempi di lavorazione) ed i costi sono approssimativamente i medesimi dei proiettori della KIA RIO.

Nell'ipotesi di raddoppiare la capacità produttiva dello stabilimento, e considerando che questa possa essere completamente assorbita dal mercato, si chiede di identificare e quantificare gli investimenti da effettuare e di valutarne il ritorno con tecniche di valutazione degli investimenti, nell'ipotesi:

1. che il mix produttivo mantenga la struttura attuale
2. che i volumi proiettori Leveling realizzati siano pari a quelli dei proiettori Normali.

Si effettuino tutte le ipotesi necessarie all'analisi degli investimenti. Nel commentare i risultati ottenuti, si tengano in considerazione la turbolenza del mercato dell'auto degli ultimi anni e le prospettive future.

Allegato 1 - Struttura di costo

| voce di costo | entità |
|---|---------|
| Reparto montaggio | |
| Quota di ammortamento linea [€/anno] ** | 25.000 |
| Lavoro ordinario [€/ora]* | 30 |
| Lente [€/proiettore] | 3 |
| Lampada [€/proiettore] | 1 |
| Connettori elettrici [€/proiettore] | 0,5 |
| Materie prime [€/proiettore] | 0,2 |
| Viteria / Minuterie [€/proiettore] | 0,1 |
| Imballo [€/proiettore] | 1 |
| Reparto Alluminatura Parabole | |
| Quota di ammortamento impianto [€/anno] ** | 200.000 |
| Lavoro ordinario [€/ora]* | 40 |
| Materie prime [€/ora] | 400 |
| Energia [€/ora] | 100 |
| Reparti stampaggio | |
| Quota di ammortamento pressa parabole[€/anno]** | 50.000 |
| Quota di ammortamento pressa corpi [€/anno]** | 80.000 |
| Lavoro ordinario [€/ora]* | 40 |
| Energia (una pressa) [€/ora] | 20 |
| Materie prime [€/parabola] | 1 |
| Materie prime [€/corpo] | 1,6 |
| Marginalità | |
| Margine di contribuzione primo impianto – proiettori Normali [€ /coppia] | 1,8 |
| Margine di contribuzione Ricambi – proiettori Normali [€/ faro] | 4 |
| Margine di contribuzione primo impianto – proiettori Leveling [€ /coppia] | 2,2 |
| Margine di contribuzione Ricambi – proiettori Leveling [€/ faro] | 5 |

Note:

* I costi del lavoro ordinario (€/h) sono riportati rispetto al primo turno. Il costo degli operatori aumenta del 20% nel secondo turno e di un ulteriore 30% nel terzo turno

** Le quote di ammortamento (lineari) sono calcolate rispetto ad un orizzonte di 10 anni