

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE  
ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE E DI INGEGNERE IUNIOR  
SECONDA SESSIONE 2014**

**PRIMA PROVA SCRITTA SENIOR  
19 Novembre 2014**

**SETTORE INDUSTRIALE  
Sottosettore ELETTRICO-AUTOMAZIONE**

\*\*\*\*\*

**TEMA N.1**

Il candidato introduca le caratteristiche di un sistema di monitoraggio e supervisione di un impianto fotovoltaico, evidenziando le grandezze da monitorare e le metodologie di analisi.

\*\*\*\*\*

**TEMA N.2**

Il candidato descriva sinteticamente i vantaggi della simulazione per lo studio di sistemi elettrici. Introduca inoltre almeno due simulatori (ma non più di quattro), evidenziandone i punti di forza di ciascuno di essi.

\*\*\*\*\*

**TEMA N.3**

Si affronti il problema della sintesi dei sistemi di controllo in retroazione nel dominio della frequenza. In dettaglio, si discuta di specifiche in anello chiuso definite nel dominio della frequenza, e quindi si illustrino adeguate tecniche di sintesi per il soddisfacimento di esse.

*n. d.*

ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE  
ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE E DI INGEGNERE JUNIOR  
SECONDA SESSIONE 2014

PRIMA PROVA SCRITTA SENIOR  
19 Novembre 2014

SETTORE INDUSTRIALE  
Sottosettore MECCANICO-GESTIONALE-INDUSTRIALE

\*\*\*\*\*

TEMA N.1

Il candidato discuta il ruolo che la fluidodinamica computazionale può avere in vari campi della progettazione ingegneristica. Si illustri il problema in generale e si descrivano le fasi fondamentali, sottolineando i benefici ottenibili e le problematiche associate. Si riporti infine un esempio concreto legato all'esperienza acquisita.

\*\*\*\*\*

TEMA N.2

Il candidato descriva quali sono le principali specifiche tecniche, le grandezze fisiche e le caratteristiche di ingresso per avviare un progetto di organo meccanico di macchina. Inoltre definisca quali sono gli obiettivi della progettazione meccanica di massima del medesimo organo meccanico.

\*\*\*\*\*

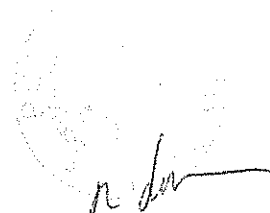
TEMA N.3

Discutere gli aspetti chiave del processo di formulazione di una strategia aziendale.

\*\*\*\*\*

TEMA N.4

Il candidato illustri sinteticamente, avvalendosi anche di schemi e grafici, il concetto di temprabilità di un acciaio, chiarendo come essa viene misurata sperimentalmente e quali sono i parametri influenti su di essa. Successivamente il candidato illustri, utilizzando anche grafici di tipo qualitativo, come viene effettuata la progettazione di un trattamento di tempra in modo tale da realizzare un assegnato profilo di durezza all'interno del componente. Il candidato infine specifichi le modalità di esecuzione del trattamento sia di tempra che di rinvenimento.



ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE  
ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE E DI INGEGNERE IUNIOR  
SECONDA SESSIONE 2014

SECONDA PROVA SCRITTA SENIOR  
19 Novembre 2014

SETTORE INDUSTRIALE  
Sottosettore ELETTRICO-AUTOMAZIONE

\*\*\*\*\*

TEMA N.1

Illustrare sinteticamente i criteri di dimensionamento dell'impianto di terra in una cabina di trasformazione 20/0,4 kV.

\*\*\*\*\*

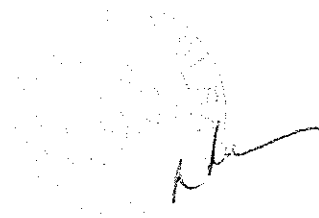
TEMA N.2

Metodi e tecniche per la regolazione di velocità di motori asincroni.

\*\*\*\*\*

TEMA N.3

Il candidato illustri le principali tecniche di controllo intelligente (*reti neurali, sistemi fuzzy, evolutionary computation, etc.*) utilizzate nell'ambito dei controlli automatici e della teoria dei sistemi, discutendo nello specifico i metodi di applicazione in tale ambito, anche con esempi riferiti alla pratica ingegneristica.



ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE  
ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE E DI INGEGNERE IUNIOR  
SECONDA SESSIONE 2014

SECONDA PROVA SCRITTA SENIOR  
19 Novembre 2014

SETTORE INDUSTRIALE  
Sottosettore MECCANICO-GESTIONALE-INDUSTRIALE

\*\*\*\*\*

TEMA N.1

Si illustri il concetto di strato limite. Si discutano gli effetti della geometria del corpo e delle caratteristiche del flusso esterno (regime di moto, gradiente di pressione, etc.). Si forniscano esempi applicativi di interesse ingegneristico.

\*\*\*\*\*

TEMA N.2

Il candidato descriva i principali dispositivi meccanici per la connessione di un utilizzatore rotante ad un motore, approfondendo le caratteristiche tipiche di funzionamento di un esempio a scelta.

\*\*\*\*\*

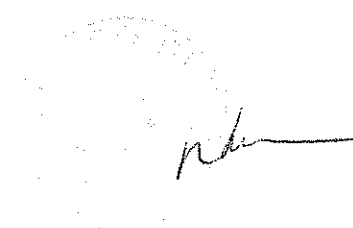
TEMA N.3

Descrivere nel dettaglio le fasi di preparazione del master budget aziendale e i relativi documenti che lo costituiscono. Utilizzare un esempio numerico a supporto delle descrizioni elaborate.

\*\*\*\*\*

TEMA N.4

Il candidato illustri, anche avvalendosi di schemi e grafici, obiettivi, modalità di realizzazione, condizioni operative e parametri caratteristici del processo di laminazione piana; il candidato si soffermi quindi sulla descrizione dell'andamento delle pressioni di contatto tra rullo e materiale e sull'effetto che su di esso produce una variazione dei principali parametri di processo, delle caratteristiche tribologiche delle superfici a contatto e delle condizioni operative; il candidato infine illustri le principali problematiche relative a tale processo e le difettologie che caratterizzano i prodotti che si ottengono.

A handwritten signature in black ink is written over a circular official stamp. The stamp contains some illegible text and a central emblem.

ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE  
ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE E DI INGEGNERE IUNIOR  
SECONDA SESSIONE 2014

PROVA PRATICA  
16 aprile 2015

SETTORE INDUSTRIALE SENIOR  
Sottosettore ELETTRICO-AUTOMAZIONE

\*\*\*\*\*

TEMA N.1

Dimensionare un impianto fotovoltaico da 10 kW, connesso alla rete del distributore, da installare sul tetto di una palazzina di Bari, le cui falde sono rivolte ad Est e ad Ovest, rispettivamente. Valutare, in particolare, la resa energetica dell'impianto dimensionato e la validità tecnico-economica dell'investimento.

\*\*\*\*\*

TEMA N.2

Dimensionare una cabina di trasformazione nelle seguenti ipotesi:

- trasformatore  $A_n = 630$  kVA,  $V_{1n}/V_{2n} = 20/0,4$  kV,  $v_{cc\%} = 4\%$ ,  $P_J = 10500$  W;
- corrente di corto circuito alla consegna: 12,5 kA.

Dimensionare anche il quadro generale di bassa tensione da cui alimentare i seguenti carichi:

- quadro di stabilimento:  $V = 400$  V (3F+N),  $P = 380$  kW,  $\cos \phi = 0,8$ , linea di alimentazione  $L = 35$  m interrata;
- quadro servizi di cabina (considerare le utenze tipiche);
- quadro di rifasamento automatico (da dimensionare).

Ove opportuno il candidato integri gli eventuali dati mancanti.

\*\*\*\*\*

TEMA N.3

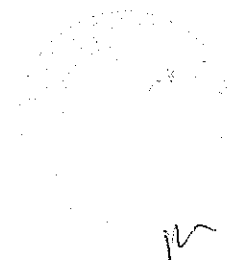
La funzione del sistema di controllo di posizione del dispositivo di lettura di un Hard Disk è quella di permettere il preciso posizionamento della testina per la lettura dei dati immagazzinati sulle tracce del disco.

Si supponga di avere a disposizione un disco equipaggiato con un motore in corrente continua controllato in armatura per muovere il braccio su cui è installata la testina di lettura. I parametri del sistema motore/braccio con testina (sistema di attuazione) sono i seguenti:

Inerzia del braccio $J$	$1 \text{ N}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^2/\text{rad}$	Resistenza di armatura $R$	$1 \Omega$
Attrito	$20 \text{ N}\cdot\text{m}\cdot\text{s}/\text{rad}$	Induttanza di armatura $L$	$1 \text{ mH}$
Costante del motore $K_m$	$5 \text{ N}\cdot\text{m}/\text{A}$		

Un amplificatore di guadagno statico  $K_a$  (di valore che può essere scelto in un intervallo tra 10 e 1000) è posto tra controllore e motore. Si supponga che il sensore di posizione di cui è dotato il sistema di attuazione si comporti come un sistema statico a guadagno unitario. Si supponga, inoltre, che il braccio sia rigido e che non sia provvisto di alcun sistema di sospensioni. Si disegni quindi lo schema di controllo del sistema in anello chiuso, che include sistema di controllo, sistema di attuazione e sistema braccio/testina, sensore di posizione.

- Nell'ipotesi di utilizzare il solo amplificatore per controllare il sistema in anello chiuso, si determini, se possibile (in caso contrario si giustifichi adeguatamente la risposta), un valore appropriato del guadagno  $K_a$  in modo che la risposta al gradino del sistema in anello chiuso presenti errore a regime nullo, una sovraelongazione percentuale inferiore al 5% ed un tempo di assestamento inferiore a 250 ms, e che il valore massimo dell'uscita ad un disturbo di coppia a gradino unitario sia inferiore a 0.005. *[Suggerimento: si utilizzi un modello approssimato del secondo ordine del sistema costituito dal motore e dal braccio con testina, in forma di funzione di trasferimento].*
- Si scelga (giustificando adeguatamente la risposta) un regolatore tra PI (Proporzionale-Integrale), PD (Proporzionale-Derivativo), e PID (Proporzionale-Integrale-Derivativo), e lo si tiri in modo da soddisfare tutte le specifiche di cui al punto precedente, ovvero: risposta al gradino con errore a regime nullo, sovraelongazione percentuale inferiore al 5% e un tempo di assestamento inferiore a 250 ms, e valore massimo dell'uscita ad un disturbo di coppia a gradino unitario sia inferiore a 0.005. *[Suggerimento: anche in questo caso si utilizzi un modello approssimato del secondo ordine del sistema costituito dal motore e dal braccio con testina, in forma di funzione di trasferimento].*
- Dopo aver effettuato la taratura del regolatore al punto precedente, si verifichi analiticamente il soddisfacimento delle specifiche. Nel caso in cui sia stato scelto un regolatore PD o PID, si scriva la funzione di trasferimento del regolatore con approssimazione del contributo derivativo, supponendo che la banda di pulsazioni di interesse sia  $[0, 2000] \text{ rad/s}$ .
- Dopo aver determinato il regolatore tempo-continuo di cui al punto precedente, adottando il metodo di discretizzazione che si ritiene opportuno, scegliendo un periodo di campionamento adeguato (si giustifichi la risposta), si scriva la funzione di trasferimento discreta del corrispondente regolatore digitale. Infine, si scriva (in un linguaggio di programmazione a scelta, o in pseudo-codice) l'algoritmo che permette di implementare su un microcontrollore tale legge di controllo.



ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE  
ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE E DI INGEGNERE IUNIOR  
SECONDA SESSIONE 2014

PROVA PRATICA  
16 aprile 2015

SETTORE INDUSTRIALE SENIOR  
Sottosettore MECCANICO-GESTIONALE-INDUSTRIALE

\*\*\*\*\*

TEMA N.1

In figura 1 è riportato un ponte di sollevamento per motocicli con azionamento idraulico e comandato tramite pompa a pedale. Il sistema ha una portata massima di 400 kg. La pedana deve avere una sagoma  $L \times P = 1950 \pm 150 \times 600 \pm 50$ . La corsa verticale della pedana deve essere pari a 850 mm, con partenza da terra avente livello carrabile ad un massimo di 40 mm dalla quota del pavimento di appoggio.



Fig. 1 – Immagine del sollevatore per motocicli

Il candidato ha facoltà di scegliere materiali e schemi meccanici, rimanendo obbligate la scelta dell'azionamento idraulico con pompa manuale. Si scelgano tutte le specifiche iniziali reputate necessarie. Si definisca un carico accidentale orizzontale massimo per il quale la struttura possa risultare in sicurezza nelle condizioni di massimo carico e a vuoto.

Il candidato:

1. Esegua uno schema grafico cinematico del meccanismo che egli propone.
2. Dimensioni il pistone e la pompa considerando le forze agenti disponibili dall'operatore umano ed i tempi necessari per effettuare la corsa totale.
3. Dimensioni le sezioni degli elementi strutturali principali, scegliendo i profili che ritiene più consoni
4. Supponendo trascurabili i cicli di lavoro, descriva e calcoli il collegamento a pavimento per garantire l'equilibrio e la sicurezza del sistema. Definire le condizioni di funzionamento critiche.
5. Realizzi il disegno tecnico esecutivo di almeno un componente della pedana

\*\*\*\*\*

## TEMA N.2

La Bryon Spa è un'impresa farmaceutica attiva nella produzione di medicinali omeopatici. Negli ultimi anni il mercato di questi prodotti è stato in costante espansione. Tale situazione favorevole ha spinto i vertici della Bryon a prendere in considerazione due possibili investimenti alternativi. L'alternativa A consiste nell'istallazione di nuovi componenti sulle macchine produttive già esistenti e comporta un esborso iniziale di 35.000 € contabilizzato come costo di manutenzione straordinaria. Comporta inoltre spese di formazione per i primi tre anni: il primo anno la spesa per la formazione è di 20.000 €, il secondo anno si dimezza ed il terzo si dimezza ancora rispetto al secondo. Tutte queste spese vengono contabilizzate come costi di periodo. La nuova tecnologia permette un risparmio sui costi variabili di produzione pari a 0,3 €/unità. Per unità qui si intende il tubetto di granuli omeopatici. I costi fissi di produzione risulterebbero invariati.

L'alternativa B consiste nell'acquisto di nuovi macchinari per sostituire quelli esistenti e richiede un investimento iniziale pari a 305.000€ (ammortizzabili in 5 anni a quote costanti, e con valore di recupero trascurabile al termine del quinquennio). I nuovi macchinari permettono una riduzione dei costi variabili di produzione pari a 0,7 €/unità, senza alcun impatto differenziale sui costi fissi. Si hanno inoltre a disposizione le seguenti informazioni:

- La domanda annua prevista per i prossimi 5 anni è riportata nella tabella sottostante

Anno	Pezzi
1	120.000
2	95.000
3	180.000
4	175.000
5	200.000

- Entrambe le alternative riescono ad assicurare una capacità produttiva in grado di far fronte alla domanda prevista.

- Risulta nullo il valore contabile dei vecchi macchinari (già completamente ammortizzati). Tali macchinari potrebbero essere venduti ad un prezzo di 75.000 € contabilizzando il ricavo nel periodo iniziale.

- L'aliquota fiscale è pari al 45%

Se il MARR è pari al 8% si calcoli il Net Present Value delle due alternative e il Pay Back Period delle due alternative.



\*\*\*\*\*

### TEMA N.3

Si progetti un impianto a ciclo combinato gas-vapore di tipo *unfired*, composto da una turbina a gas a ciclo aperto e da un impianto a vapore ad un livello di pressione. Si hanno a disposizione i seguenti dati:

Impianto a gas	range rapporto di compressione: 13-16
	portata di aria in ingresso: 150 kg/s
	combustibile (metano): $H_f = 50000$ kJ/kg
Impianto a vapore	$\Delta t$ al pinch-point: 10 °C.

- Descrivere le caratteristiche dell'impianto e rappresentare un layout di massima per la disposizione dei vari componenti;
- Riportare nel diagramma T-s i cicli considerati, indicando i valori di pressione e temperatura dei punti indicati (verificare in particolare il valore di temperatura in ingresso turbina a gas);
- Fornire una rappresentazione della configurazione dello scambiatore a recupero che si ritiene idoneo per la configurazione scelta e riportare l'andamento qualitativo delle temperature in funzione della potenza termica scambiata;
- Determinare i principali indici di prestazione dell'impianto.
- Si esegua infine un dimensionamento di massima del compressore assiale. Considerando l'ipotesi di diametro medio costante:
  - stabilire il diametro medio della girante e determinare l'altezza delle pale in ingresso e uscita compressore;
  - determinare il numero di stadi;
  - riportare i triangoli di velocità del primo stadio e tracciare la linea di scheletro della palettatura al diametro medio.

Si assumano, giustificandoli opportunamente, tutti i dati non riportati e necessari allo svolgimento della prova.

\*\*\*\*\*

### TEMA N.4

Il componente riportato in figura 1 deve essere realizzato adoperando uno tra i seguenti tipi di acciai: C60; 42CrMo4; 41CrAlMo7 (tutti i materiali presentano un contenuto iniziale di azoto pari allo 0.002% in peso) a partire da una billetta cilindrica con rapporto H/D pari a 3/2.

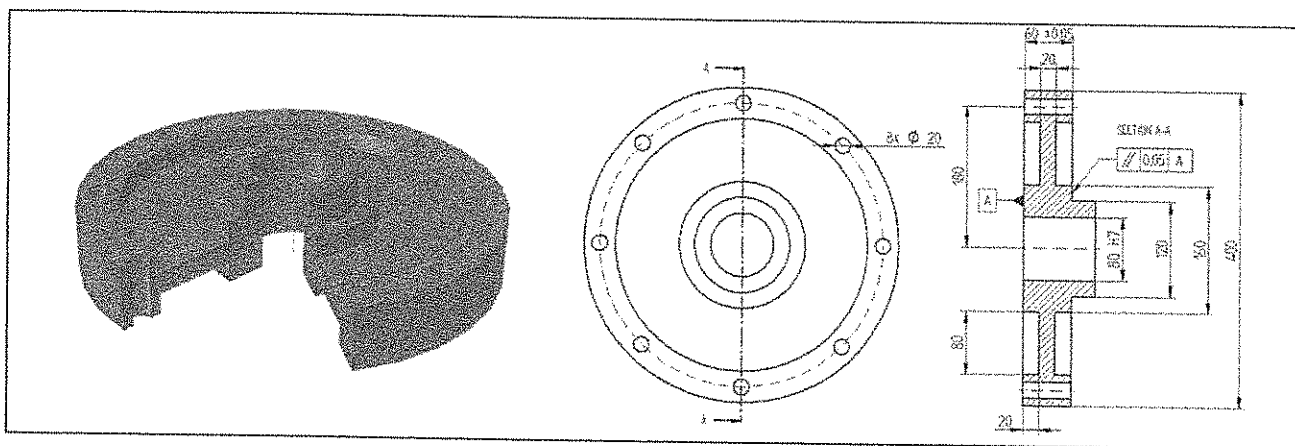


Figura 1

Il componente deve essere ottenuto per fucinatura ed asportazione di truciolo; è necessario garantire una durezza superficiale di almeno 940HV (68 HRC) con una durezza minima a cuore (valore minimo della curva di durezza nella sezione) dopo tempra pari a 45HRC.

La tabella 1 riporta le principali caratteristiche meccaniche dei materiali proposti, mentre in figura 2 e 3 sono fornite rispettivamente le curve Jominy e le curve di Lamont (per i mezzi tempranti olio ed acqua) relative alla dimensione caratteristica del componente da produrre.

Lega	Lavorazioni a caldo			Lavorazioni:	
	Curva di flusso ( $\dot{\epsilon}=0.5$ )			Curva di flusso	
	T (°C)	C (Mpa)	m	K (MPa)	n
Acciaio C60	800	180	0.07	930	0.3
Acciaio 41CrAlMo7	1000	120	0.13		
Acciaio 42CrMo4	1000	190	0.13	1250	0.13

Tabella 1

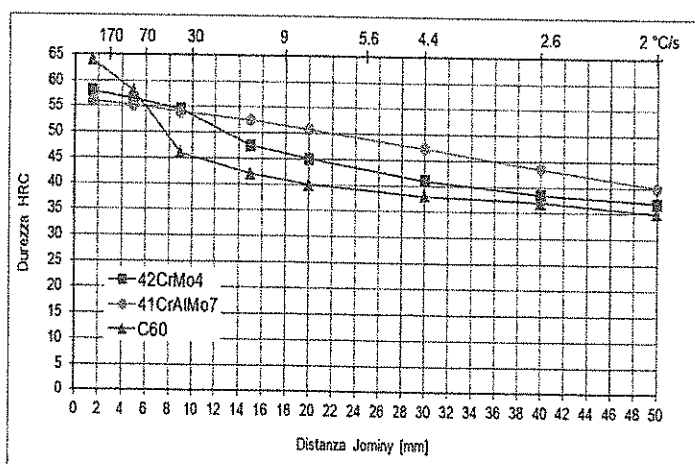


Figura 2

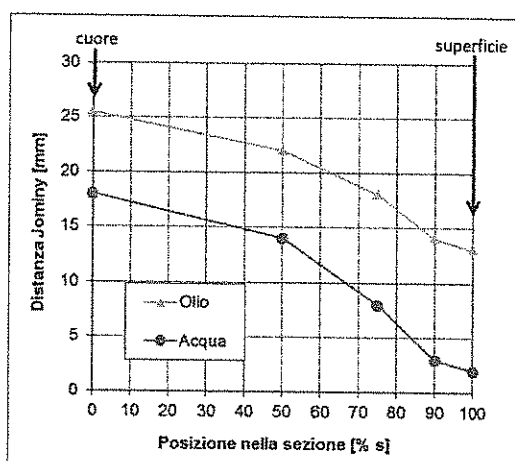


Figura 3

L'impianto produttivo dispone di presse per stampaggio a caldo e a freddo (forza massima pari a 150.000 kN; range di velocità: 100 – 500 mm/s), tranciatrice; centro di tornitura doppio mandrino (massimo diametro tornibile pari a 340mm), fresatrice CNC, trapano a colonna (dimensione massima fori pari a 25mm), rettifica senza centri, mola, alesatrice. Si dispone inoltre di un impianto per trattamenti termici e termochimici, composto da:

- un forno con atmosfera controllata sia di tipo carburante (concentrazione di carbonio superficiale costante pari a 1.2%) sia nitrurante (concentrazione di azoto superficiale costante pari a 0.50%);
- bagni di tempra con i seguenti mezzi tempranti: acqua, olio.

Incrementando la percentuale di azoto fino al 0.1% in peso a 0.40 mm dalla superficie è possibile ottenere una durezza di almeno 68HRC fino a 2mm dalla superficie. Il costo orario di tale trattamento può essere correlato alla temperatura di lavoro del forno  $T$  mediante la relazione:  $Costo = 0.001 \cdot \exp(0.011 \cdot T)$  dove  $T$  è in  $^{\circ}\text{C}$ , mentre il costo è in €/h. Infine nella tabella 2 sono riportati i valori dell'energia di attivazione e della costante di diffusione per le diverse specie chimiche, mentre in tabella 3 la Funzione Errore.

R=8.31 J/mole K					
Specie Diffondente	Metallo ospitante	Costante di Diffusione $D_0$ [ $\text{m}^2/\text{s}$ ]	Energia di Attivazione $Q_d$ [kJ/mole]	Intervallo di temperature [ $^{\circ}\text{C}$ ]	
				Min	Max
Fe	Fe CCC	$2.8 \times 10^{-4}$	251	500	900
Fe	Fe CFC	$5.0 \times 10^{-5}$	284	900	1100
C	Fe CCC	$6.2 \times 10^{-7}$	80	500	900
C	Fe CFC	$2.3 \times 10^{-5}$	148	900	1200
N	Fe CCC	$3.0 \times 10^{-7}$	76.15	475	625

Tabella 2

z	erf(z)	z	erf(z)	z	erf(z)	z	erf(z)	z	erf(z)	z	erf(z)
0.00	0.0	0.25	0.2763	0.55	0.5633	0.85	0.7707	1.30	0.9340	1.90	0.9928
0.025	0.0282	0.30	0.3286	0.60	0.6039	0.90	0.7970	1.40	0.9523	2.00	0.9953
0.050	0.0564	0.35	0.3794	0.65	0.6420	0.95	0.8209	1.50	0.9661	2.20	0.9981
0.10	0.1125	0.40	0.4284	0.70	0.6778	1.00	0.8427	1.60	0.9763	2.40	0.9993
0.15	0.1680	0.45	0.4755	0.75	0.7112	1.10	0.8802	1.70	0.9838	2.60	0.9998
0.20	0.2227	0.50	0.5205	0.80	0.7421	1.20	0.9103	1.80	0.9891	2.80	0.9999

Tabella 3

Adottando le opportune ipotesi e tutti i dati ritenuti necessari, nonché giustificando le scelte operate su processi produttivi, parametri di lavorazione ed utensili, il candidato:

1. tracci il profilo di durezza dopo tempra da superficie a cuore (curva ad U) per ciascun materiale e mezzo temprante;
2. scelga il materiale da adoperare sulla base del soddisfacimento del requisito di durezza a cuore ed in superficie con il mezzo temprante meno drastico;
3. definisca i processi tecnologici e la loro sequenza per la realizzazione del componente in figura 1;
4. definisca le dimensioni della billetta di partenza (si trascuri il volume perso a causa dell'ossidazione e si assuma il coefficiente di ritiro pari ad 1.0% per tutti e tre i tipi di acciai);
5. definisca la geometria della cavità dello stampo di fucinatura, riportandone le dimensioni in un disegno quotato (si ipotizzi di adottare uno stampo senza canale scartabava);
6. calcoli la forza massima necessaria per realizzare il processo di fucinatura (si assuma la pressione di contatto tra utensile e billetta  $p_m$  pari a  $3.5 \sigma_f$ );
7. calcoli l'energia necessaria per il solo processo di stampaggio (si assuma l'energia dissipata per attrito pari al 60% dell'energia ideale);

8. se necessario un trattamento termochimico, determini le condizioni di temperatura e tempo da adoperare in modo tale da minimizzarne i costi di esecuzione;
9. dettagli fasi, sottofasi ed operazioni da eseguire per la lavorazione del componente compilando il cartellino di lavorazione in accordo con lo schema di seguito riportato
- 10.

FASE SOTTO FASE	OPERAZ.	RAPPRESENTAZIONE SCHEMATICA DELLA LAVORAZIONE	UTENSILI	MACCHINA	PARAMETRI DI PROCESSO (specificare Unità di Misura)			TEMPO