

特級ボイラー技士試験

(平成14年7月～平成14年12月 実施分)

ボイラーの構造

問1 給水温度 20 °Cの油だきボイラーにおいて、低発熱量 41100kJ/kg{9816kcal /kg}の重油を毎時2330kg燃焼させ、圧力 2 MPa{ 20.4 kgf/cm²}、乾き度 92% の飽和蒸気 35 t/hを得た。

この場合、

- (1) ボイラー効率は何%か。
- (2) ボイラー効率及び蒸発量を同じとし、乾き度を 92 %から 98 %に上げれば、燃料消費量はいくらになるか。

ボイラー効率については小数点以下第 2 位を、燃料消費量については小数点以下第 1 位を四捨五入し、それぞれ計算の過程を示して求めよ。

なお、圧力 2 MPa{ 20.4 kgf/cm²}の飽和水の比エンタルピは 920 kJ/kg { 220 kcal/kg}、乾き飽和蒸気の比エンタルピは 2799 kJ/kg{ 668 kcal/kg}、

温度 20 °Cの給水の比エンタルピは 83 kJ/kg{ 20kcal/kg}とする。

ボイラーへの入熱は燃料の発熱量のみとし、燃料の顕熱、空気の顕熱、その他の入熱は考慮しないものとする。

問2 ボイラーの過熱器に関し、下記の事項について述べよ。

- (1) 過熱器を伝熱方式によって分類すると①放射形、②対流（接触）形、③放射対流形があるが、ボイラー負荷によるそれぞれの蒸気温度特性
- (2) 過熱温度を一定にするための調節方法（3つ）

問3 次の文中の()に入る適切な語句又は数値を答えよ。

- (1) 一般に金属材料は、温度が上がれば強度が低下し、延性は増加する。鉄鋼材料は通常 400 °Cくらいから(①) が著しくなる。また、200 ~ 300 °Cで(②) が増加し、(③) 、(④) が減少する現象がある。これはこの温度範囲で常温よりもかえってもろくなることを示し、(⑤) という。この温度範囲での加工は避けなければならない。
- (2) ボイラーの胴板は、一般に薄肉円筒として取り扱われる。胴内径Dに比べて厚さtが薄い円筒とし、これに蒸気圧力P (MPa) が加わるものとする。

る。

長手方向の断面に生じる薄膜応力 σ_1 は式 (⑥)(N/mm²)で表され、周方向の断面に生じる薄膜応力 σ_2 は式 (⑦)(N/mm²)で表される。

(3) ボイラーの部分に温度差があると、高温部は低温部より伸びようとする。この伸びが拘束されるとそこに応力が生じる。これを (⑧) とい
大
い、その値は温度差 4 °Cにつき約 9.8 N/mm² {約 1 kgf/mm²} という
きなものである。

丸ボイラーでは、炉筒は他の部分より高温になるから、炉筒取付部周辺の鏡板に (⑨) を設けたり、炉筒に (⑩) を設けたりして応力を緩和する。

水管ボイラーでは、(⑪) を採用した方が熱による (⑫) が自由にできる。

温度の伝ばには (⑬) を要するから、ボイラーの起動時の (⑭)、停止時の (⑮) は、一定の値に抑えるべきである。

問4 次のAからEまでは、ボイラーの種類及び構造等に関する記述であるが、正しいものの組合せは(1)~(5)のうちどれか。

- A 水管ボイラーの本体伝熱面は、圧力がおよそ 6 MPa{ 60 kgf/cm²}以下の
場合には、水冷壁管と、主として高温ガスとの接触によって熱を受ける水管群とを組み合わせた形式をとる。一方、8 MPa{ 80kgf/cm²}程度以上の高温
高圧ボイラーでは、本体伝熱面は水冷壁管だけからなり、接触伝熱面となる水管群のない放射ボイラーの形式をとる。
- B 強制循環式水管ボイラーは、ポンプによる強い循環力を与えられるので、気水の密度差が少なくなつて自然循環力の低下しがちな低圧ボイラーに適しており、また、水管を自由に配置したり、流路抵抗の大きい細い水管を用いたりすることができる。
- C 蒸気ドラムから取り出される蒸気はできるだけ乾いたものであることが望ましい。このことは過熱器をもつボイラーでは特に要求されない。
- D 給水量と燃料量の比が変化すると、ドラムをもつボイラーでは水面が変化するが、高圧大容量貫流ボイラーでは、ボイラー出口蒸気温度に大きな変化が現れる。したがって、それらの変化を検出して敏速な給水量の調整を行うことが必要である。
- E 毎時換算蒸発量は、100 °Cの飽和水から 100 °Cの乾き飽和蒸気に蒸発することを基準蒸発として、実際の蒸発量を基準蒸発の量に換算したものであ

る。

- (1) A, B, C (2) B, D, E (3) C, E, A
(4) D, B, C (5) E, A, D

問5 次のAからEまでは、ボイラーの附属設備及び附属品などに関する記述であるが、正しいものの組合せは(1)～(5)のうちどれか。

- A エコノマイザは煙道中に設置されるため、通風抵抗が増加し、また、ガス温度が低下するため、煙突通風力が増加する。
- B 空気予熱器を設置すると燃焼効率が增大し、過剰空気量が少なくてすむ。また、燃焼温度が上昇するため、NO_xの発生が減少する。
- C 蒸気用安全弁の吹下りとは、吹出し圧力と吹止り圧力との差をいう。
- D 二色水面計は平形透視式水面計のガラスに赤色と緑色の2光線を通させ、光線の屈折率の差を利用して、蒸気部は赤色に、水部は緑色に見えるようにしたものである。
- E ディアレータ（脱気器）は、蒸気によって給水を加熱し(105～150℃)、ガスの分圧を下げると同時に細滴として降下させガスの分離を容易にする。

- (1) A, B, C (2) B, D, E (3) C, D, E
(4) D, A, C (5) E, A, B

問6 次のAからEまでは、ボイラーの自動制御に関する記述であるが、正しいものの組合せは(1)～(5)のうちどれか。

- A ボイラーの状態量のうちで、それを規定範囲内に収めることが目的となっている量を操作量といい、それを支配するために調節する量を制御量という。
- B 制御の安定度は、時定数Tとむだ時間Lとの比T/Lの値で表されるもので、T/Lの値の大きい場合は制御が容易であり、逆にこの値が小さい場合は制御がやり難くなる。
- C 比例動作において、比例帯の幅を狭くするとオフセットは小さくなるが、比例帯の幅を狭くし過ぎると制御動作が過大になってハンチング（制御量が安定しないで持続振動を起こす状態）を生じる。したがって、比例帯の幅を狭くして比例動作の働きを強めるには限界があり、比例動作ではオフセットを避けることができない。

D 自然循環式水管ボイラーにおけるドラム水位の逆応答の傾向は高圧ボイラーほど著しい。

E 燃焼安全装置は、低水位、ファン停止、バーナ断火などが生じた場合は燃料を遮断して燃焼を停止させるロックアウト機能を有する安全スイッチ並びに起動・停止の操作の過程において各操作を所定のタイミングで自動的に行わせるシーケンス制御部からなる。

- (1) A, D, E (2) B, C, E (3) C, A, B
(4) D, B, C (5) E, A, C

ボイラーの取り扱い

問1 保有水量が 14 t、給水量が 20 t/hのボイラーにおいて、亜硫酸ナトリウム

・7水($\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)を間欠注入して脱酸素を行う場合、次の問いに答えよ。

脱酸素は $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ のみで行うものとし、給水中の酸素濃度は 6 mg/リットルであり、ボイラー水の SO_3^{2-} の濃度が 12 mg SO_3^{2-} /リットル

まで低下したときに $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ を注入して当該濃度を25 mg SO_3^{2-} /リットルまで上昇させることとする。

また、ボイラーは 0.8 t/hの連続吹出しを行っているものとし、吹出し水及びボイラー水における SO_3^{2-} 濃度は、どの時点においても均一であるものとし、 $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ の間欠注入は瞬時に行われるものとする。

なお、Na及びSの原子量はそれぞれ 23、32 とする。

- (1) $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ の1回の注入量は何gか。
(2) $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ の注入間隔は何分か。

答は、小数点以下第2位を四捨五入し、計算の過程を示して求めよ。

問2 油だき水管ボイラーにおいて、次の(1)、(2)、(3)のような燃焼現象が発生し

た場合、その主要な原因について(1)、(2)についてはそれぞれ3つ、(3)については4つあげよ。

- (1) 火炎の中に細かい火花が混じっている。
(2) 火炎が片寄って流れている。
(3) カーボンの発生が多い。

問3 次の文中の () 内に入る適切な語句又は数値を答えよ。

- (1) 回転再生式空気予熱器における (①) は動力損失の一因となっているが、(②) 機構の保守管理によって損失増加を抑止できる。ボイラー排ガスの管理は、空気予熱器出入口の (③) 管理及び空気予熱器 (④) 伝熱面の (⑤) 管理等によって行われる。
- (2) りん酸塩系清缶剤の使用目的は、(⑥) イオンによる (⑦) とボイラー水を (⑧) に維持することによる (⑨) 及び難溶性スケール成分である (⑩) を可溶性の状態に維持することである。
- (3) ボイラーの酸洗浄作業における薬液処理中の確認事項については、温度、圧力、流量のほか薬液濃度、(⑪) 濃度を測定し、反応の (⑫) 及び (⑬) 時点を判定する。ボイラー内のスケールと酸溶液の反応が終わると酸濃度が (⑭) になり、液中に (⑮) の気泡を含まなくなる。

問4 次のAからEまでは、ボイラーの取扱いに関する記述であるが、正しいものの組合せは(1)～(5)のうちどれか。

- A 気流噴霧式油バーナにおいては、燃料に対し噴霧蒸気や空気の圧力が強すぎると突然火が消えることがある。
- B 油だきボイラーにおいて短時間停止し、かつ、ボイラー内が真空になるおそれがある場合には、圧力が大気圧以下にならないように、水位を高め維持することが望ましいが、水面計に水位が見えなくなるまで給水してはならない。
- C 一定の蒸発量を保持している過熱器付きのボイラーでは、給水温度が設計値より低下すると過熱器出口の蒸気温度も低下する傾向にある。
- D 管穴などに発生したか性ぜい化による割れは、穴から放射状に多数発生し、直線的に進むのが特徴である。
- E 溶存酸素による鋼の腐食は、孔食の形態で生じることが多い。また、銅合金に対してはアンモニアの共存下での腐食を促進させる。

- (1) A, B, D (2) B, C, E (3) C, D, E
(4) D, A, C (5) E, A, B

問5 次のAからEまでは、ボイラーの取扱いに関する記述であるが、正しいものの組合せは(1)～(5)のうちどれか。

- A ボイラー給水用ディフューザポンプの使用開始にあたっては、先ずポンプ内の空気を抜き満水にした後吸入弁と吐出弁を全閉にしてポンプの運転を開始しポンプの回転と水圧が正常になったら、吸入弁と吐出弁を徐々に開く。
- B 高温水ボイラーを備えた高温水システムにおいては、装置全体を100℃以上の温度で運転するため、膨張タンクを密閉にし、内部を加圧して高温水の飽和圧力以上に保持しなければならない。
- C 蒸気ボイラーにおいて油圧ジャッキによる安全弁封鎖は、蒸気圧力による吹出しを伴わないため、リフト及び吹下り圧力は確認できるが、作動の安定性、前漏れ及び後漏れ等の有無の確認ができない欠点がある。
- D イオン交換水は、イオン交換樹脂を用いて原水中の強電解質及び弱電解質をすべて除去した水である。
- E ボイラーの酸洗浄を行う場合、その作業準備として、スケール中に銅又は銅化合物が存在するとき、銅は酸洗浄では除去できないため、アンモニア洗浄を行う。

- (1) A, B, D (2) B, C, E (3) C, D, A
- (4) D, E, B (5) E, A, C

問6 次のAからEまでは、ボイラーの取扱いに関する記述であるが、正しいものの組合せは(1)～(5)のうちどれか。

- A スートファイヤはボイラー起動時の点火直後に発生することが多いので、ボイラーの起動前にプレパージを行う必要がある。
- B ボイラー水の全蒸発残留物は溶解性蒸発残留物と懸濁物質とによってできるものであり、全蒸発残留物の濃度が高くなるとキャリオバが促進される。
- C 蒸気アキュムレータはボイラーからの蒸気が飽和蒸気であれば、蓄熱槽の水位が次第に上昇するので、1日に1回程度排水するか又は自動オーバーフロー装置の作動を確認する必要がある。
- D ボイラー水中に溶解あるいは懸濁しているスケール成分には、①炭酸塩類、②硫酸カルシウム、③けい酸塩類及び④酸化鉄があるが、最も熱伝導率が小さく伝熱を阻害するものは、④酸化鉄である。
- E 鉄鋼材料に熱処理加工、成形加工、溶接加工等を行うと、その内部に応力が残留する。この応力が局部的に集中し、ボイラー水中の溶存酸素と共存すると、その部分にはなはだしい腐食が発生する。

- (1) A, B, D (2) B, C, E (3) C, D, A
(4) D, E, B (5) E, A, C

燃料及び燃焼

問1 メタン CH_4 とプロパン C_3H_8 の燃料 1 m^3N 当たりの理論空気量を求めよ。

また、それぞれの低発熱量当たりの理論空気量($\text{m}^3\text{N}/\text{MJ}$ 又は $\text{m}^3\text{N}/\text{kcal}$)はいくらか。

メタンの低発熱量は $35.9 \text{ MJ}/\text{m}^3\text{N}$ { $8574 \text{ kcal}/\text{m}^3\text{N}$ }、プロパンの低発熱量 $93.2 \text{ MJ}/\text{m}^3\text{N}$ { $22260 \text{ kcal}/\text{m}^3\text{N}$ }とする。

なお、燃焼用空気は体積比で O_2 が 21 %、 N_2 が 79 %で完全燃焼するものとし、かつ、答は、計算の過程を示して求めよ。

問2 ボイラーの排ガス損失の低減に関して、設計及び運転時に考慮すべき事項を

それぞれ 5 つあげよ。

問3 次の文中の () に入る適切な語句を答えよ。

ボイラーにおける NO_x の抑制は、まず (①) によって図られるが、更に強化する場合には排煙脱硝装置が設置される。排煙中の (②) は大部分が (③) であり、一部 (④) が含まれる。そこでアンモニアで還元して (⑤) にする。現在最も広く利用されているのがこの方式による選択式接触 (⑥) である。排ガス流の中に (⑦) を設け、その上流で排ガス中にアンモニアを注入し NO_x を (⑧) と (⑨) にする方式であり、比較的高い除去率が得られる。ガス温度は (⑩) $^\circ\text{C}$ 付近が一般的である。

ガス温度が (⑪) $^\circ\text{C}$ と高い領域でアンモニアや尿素を注入し (⑫) なしで NO_x の還元を行わせる方法もあるが、温度領域が限定されており、脱硝率も低い。

電子照射線法は (⑬) と (⑭) を同時処理しようとする技術である。

排煙脱硝の方式は湿式と乾式とがあるが (⑮) が主流となってきた。

問4 次のAからEまでは、ボイラーの熱勘定に関する記述であるが、正しいもの

の組み合わせは、(1)~(5)のうちどれか。

A 熱勘定は、原則としてボイラーごとに行う。

- B 熱勘定は、使用時の燃料 1 kg(又はm³N)当たりについて行う。
- C 燃料の発熱量は、燃料の成分に関わらず高発熱量と低発熱量とに差がある。
- D 熱勘定の基準温度は、原則として 0℃とする。
- E 過熱器、節炭器、空気予熱器はボイラーに含める。

- (1) A, C, D (2) B, C, D (3) C, E, B
- (4) D, E, A (5) E, A, B

問5 次のAからEまでは、液体燃料の供給装置に関する記述であるが、正しいもの組合せは、(1)~(5)のうちどれか。

- A 噴燃ポンプの送油能力は、吸込み側への漏れ量を考慮し、また、負荷変動による油圧の変化を防止するため、バーナ定格能力の 1.2 ~ 1.5 倍程度に計画するのが一般的である。
- B スクリューポンプは油の粘度が高く更に回転数が多いほど、そして容量が大きいほど体積効率が悪いので、比較的低下の小容量の用途に用いられる。
- C 通常、移送ポンプには吐出圧力の過昇を防止するために、吐出側と吸込み側間に逃がし弁が設けられ、吐出圧力が規定値を超えた場合に余分な燃料油を吸込み側に戻すようにしている。
- D 液体燃料の一次圧力調節形圧力調節弁では、戻り油を調節して、バーナの燃料調節弁入口の圧力を一定に保つようになっている。
- E 主油加熱器において燃料油の温度を適正值に保つためには、使用燃料の「温度-粘度特性曲線」を用いて要求される適正粘度に相当する燃料温度を決め、この温度を保持するよう調節する。

- (1) A, C, D (2) B, C, D (3) C, E, B
- (4) D, E, A (5) E, A, B

問6 燃料中の硫黄分が 2.5 %の重油だきボイラーがある。その排ガス中のSO₃濃度が 20 ppmのとき、露点はおおよそいくらか。

- (1) 70℃ (2) 100℃ (3) 140℃
- (4) 170℃ (5) 200℃

関係法令

問1 内圧を受けるボイラーの胴の内径基準による板の最小厚さは、次式で与えられる。

$$t = \frac{P \cdot D_i}{2 \sigma_a \cdot \eta - 2 P(1 - k)} + a$$

(1) この式を変形し、外径基準による式を導出せよ。

ただし、外径を D_o とし、式の変形中においては a を無視するものとする。

(2) このボイラーの胴に、材料SB450を使用し、長手継手の放射線検査を行う場合、板の最小厚はいくらになるか。答えは小数点以下第2位を四捨五入して求めよ。

ただし、胴の内径は1300 mm、最高使用圧力は1.2 MPa、SB450の許容引張応力を112 N/mm²、 $k = 0.4$ 、長手継手の最小効率 η は95パーセント、 a （付け代）は1 mmとする。

問2 ボイラー及び圧力容器安全規則で規定されているボイラーの定期自主検査で実施すべき点検項目及びその点検事項について10あげよ。

問3 次の文中の()に入る適切な語句又は数値を答えよ。

- ・ ボイラーの構造上使用可能な最高のゲージ圧力を(①)という。
- ・ 電気ボイラーの伝熱面積の算定は、電気設備容量(②)キロワットを1平方メートルと見なして行う。
- ・ 貫流ボイラーの伝熱面積は、(③)入口から、過熱器入口までの水管の燃焼ガス等に触れる面の面積により算定する。
- ・ ボイラーの製造許可申請においては、(④)の経歴の概要が必要である。
- ・ 溶接によって製造するボイラーの製造許可申請においては、(⑤)試験結果を添えて申請する。
- ・ ボイラーを輸入した者は、(⑥)による(⑦)検査を受けなければならない。

- ・ ボイラー室には、原則として (⑧) 以上の出入口を設けなければならない。
- ・ 取り扱うボイラーの (⑨) の合計が、(⑩) 平方メートル以上 (⑪) 平方メートル未満の場合、特級ボイラー技士又は一級ボイラー技士免許を受けた者のうちからボイラー取扱作業主任者を選任しなければならない。
- ・ ボイラー取扱作業主任者は、適宜、(⑫) を行い、ボイラーの水の濃縮を防がなくてはならない。
- ・ 事業者は、ボイラーについて使用を開始した後、1月以内ごとに1回、(⑬) 検査を行い、この結果を (⑭) 年間保存しなければならない。
- ・ 使用を休止したボイラーを再び使用しようとする場合、所轄労働基準監督署長の (⑮) 検査を受けなければならない

問4 次のAからEまではボイラー構造規格における材料に関する記述であるが、正しいものの組み合わせは(1)~(5)のうちどれか。

- A ボイラー主要材料に用いる鉄鋼材料の許容引張応力は、材料の常温における引張強さの 1/4 を用いる。
- B 炭素含有量が 0.35 %を超える材料は、ボイラーの圧力を受ける溶接部分に使用してはならない。
- C ボイラーの伝熱面の材料の使用温度は、内部の蒸気又は液体の最高温度とする。
- D 引張強さが明らかでない炭素鋼鋼材の許容引張応力の算定においては、引張試験を行った結果により明らかになった引張強さの 80 %の値の 1/4 を用いることがある。
- E 材料の許容せん断応力の算定においては、許容引張応力の 80 %の値とする。

- (1) A, C, B (2) B, E, A (3) C, E, B
- (4) D, A, C (5) E, B, D

問5 次のAからEまではボイラー及び压力容器安全規則に関する記述であるが、正しいものの組み合わせは(1)~(5)のうちどれか。

- A ボイラーの吹出しを行うときは、1人で同時に2までのボイラーの吹出しを行うことができる。

- B ボイラー取扱作業主任者は、1週間に1回以上水面測定装置の機能を点検すること。
- C 事業者は、ボイラーの整備の業務については、ボイラー整備士免許を受けた者でなければ、その業務に就かせてはならない。
- D 事業者はボイラー検査証、ボイラー取扱作業主任者の資格及び氏名を、ボイラー室その他のボイラー設置場所の見やすい箇所に掲示しなければならない。
- E 伝熱面積が3平方メートルをこえるボイラー（移動式ボイラーを除く。）は、専用の建物又は建物の中の障壁で区画された場所に設置しなければならない。

- (1) A, D, E (2) B, C, D (3) C, A, B
(4) D, E, C (5) E, A, B

問6 次のAからEまではボイラー構造規格における附属品に関する記述であるが、正しいものの組み合わせは(1)～(5)のうちのどれか。

- A 蒸気ボイラーには、安全弁を2個以上備える必要があるが、伝熱面積が100平方メートル以下の蒸気ボイラーにあっては、安全弁を1個とすることができる。
- B 蒸気ボイラーの安全弁の吹出し量は、当該ボイラーの最大蒸発量以上としなければならない。
- C 圧力計の目盛盤の最大指度は、最高使用圧力の1.0倍以上2.5倍以下の圧力を示す指度としなければならない。
- D ガラス水面計のガラス管の最下部は、蒸気ボイラーの使用維持しなければならない最低の水面を指示する位置でなければならない。
- E 蒸気ボイラーには、最大蒸発量以上を給水することができる給水装置を備えなければならない。

- (1) A, C, E (2) B, D, E (3) C, D, B
(4) D, A, C (5) E, A, B

