



Förbränningsteknik

7,5 högskolepoäng

Provmoment: Tentamen

Ladokkod: A117TG

Tentamen ges för: En2

TentamensKod: _____

Tentamensdatum: 2017-05-30

Tid: 9:00-13:00

Hjälpmedel:

Valfri miniräknare, Formelsamling: Energiteknik-Formler och tabeller (S O Elovsson och H Alvarez, Studentlitteratur)

Totalt antal poäng på tentamen: 60p

För att få respektive betyg krävs:

Betyg 3: 30p, betyg 4: 40p och betyg 5: 50p

Allmänna anvisningar:

Läs noga igenom frågorna och följ anvisningarna i uppgifterna. Var noga med att redovisa arbetsgången vid beräkningar och problem samt motivera eventuella antaganden/tabellvärden.

OBS! Börja besvara varje fråga på ny sida

Nästkommande tentamenstillfälle:

Rättnings tiden är i normalfall 15 arbetsdagar, annars är det detta datum som gäller:

Viktigt! Glöm inte att skriva Tentamenskod på alla blad du lämnar in.

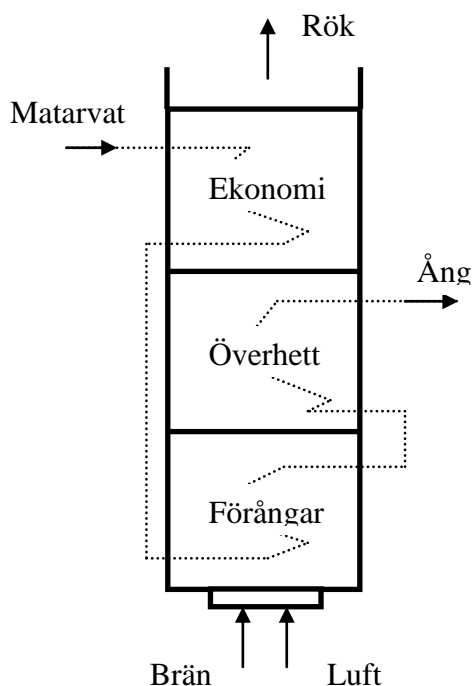
Lycka till!

Ansvariga lärare: Anita Pettersson Tobias Richards

Telefonnummer: 070 736 31 82 073 230 59 64

- 1- Fig. A visar processen i en ångpanna som producerar ånga med trycket 80 bar och temperaturen 450°C. Pannans bränsle har en viktsammansättning enligt följande tabell. Förbränningsprocessen är fullständig med förbrännings verkningsgrad, $n_f = 1$. Inkommande temperatur för luft och bränsle till förbränningsprocessen kan antas till 0°C. Matarvattnets temperatur är 50°C och luftöverskottet vid förbränningen är 25 %. Vattnet efter ekonomisern är mättat vatten, $T_{eko} = T_{kok}$. Pannverkningsgraden, n_p är 75% och bränslets massflöde är 11 ton per timma. Svara på följande frågor:
- Verkliga luftmängd i kmol/kg br (5p)
 - Avgasernas sammansättning i kmol/kg br (6p)
 - mass-procent för avgasernas sammansättning (2p)
 - Hur många ton ånga produceras per timma? (5p)
 - Hur stor värmeeffekt tas upp i ekonomiser, förångare och överhettare om tryckfallet försummas? (6p)
 - Beräkna den adiabatiska temperaturen, T_g (4p)

| | C | H(väte) | O | S | N | f(fukt) | a(aska) |
|-------------|----|---------|----|----|----|---------|---------|
| Vikt% | 55 | 7 | 15 | 2 | 4 | 9 | 8 |
| M (kg/kmol) | 12 | 1 | 16 | 32 | 14 | 18 | --- |



$$n_p = \frac{\dot{A} (i_{öh} - i_{mv})}{B H + B c_B t_B + n_f B l_e i_{l2}}$$

Fig. A) kopplingsschema för ångpanna

$$H_i = 0,341 \cdot c + 1,02 \cdot h + 0,063 \cdot n + 0,191 \cdot s - 0,0985 \cdot o - 0,025 \cdot f \quad (\text{MJ/kgbr})$$

- 2- En gasblandning består av 50 vikt-% CO₂ och 50 vikt-% N₂. Hur stort är partialtryck för O₂ respektive N₂ om det totala trycket är 70bar?
 $M_{CO_2}=44$; $M_{N_2}=28$ 4p
- 3- Den totala Svenska Energimixen är ca 390TWh per år.
 a. Men vilka är de 4 största energislagen? (2p)
 b. Varför vill vi minska användningen av fossila bränslen? (2p)
- 4- Vid förbränning kan man få mer eller mindre besvärliga beläggningar på de värmeöverförande ytorna i pannan som tubpaket och vattenkylda väggar. Vilka fyra mekanismer är det som ligger bakom belägningsbildningen? (2p)
- 5- För att göra förbränningsberäkningar behöver man kunskap om förbränningsmiljön där bränslets egenskaper är bland det viktigaste. För att bestämma bränslets egenskaper görs olika analyser.
 a. Ge exempel på 4 olika verktyg man kan använda för att förutsäga ett bränsles förbränningsegenskaper. (2p)
 b. Vad beskriver det effektiva värmevärdet? (2p)
 c. Ett bränsles tändningstemperatur, TT, beror på en rad olika faktorer, nämn minst 4 av dessa! (2p)
- 6- Förbränning sker i tre steg och det krävs tre komponenter för att få förbränning.
 a. Vilka är dessa tre steg? (1,5p)
 b. Vilka är dessa tre komponenter? (1,5p)
- 7- När man har en förbränningsprocess så pratar man om luftöverskott.
 a. Varför har man luftöverskott? (2p)
 b. Vilken typ av bränslen kräver lägst luftöverskott? (1p)
 c. Man vill ofta lägga luftöverskottet så lågt som möjligt, varför? (3p)

8- Det finns olika delar i en rökgasrening.

a. Beskriv 3 olika metoder för att avskilja partiklar och vilka styrkor och svagheter dessa metoder har.

(2p)

b. Beskriv vad som menas med våt respektive torr rökgasrening.

(2p)

9-

a. Vid förbränning av avfall finns det oftast ett tomschakt efter förbränningsutrymmet. Varför finns det endast när avfall är bränslet och inte när biomassa eller kol förbränns?

(2p)

b. Varför används inte pulverförbränning i samband med hushållsavfa?

(1p)

OBS! Tabellen är på engelska så om det står t.ex. 12,748 i tabellen betyder det 12748 och J/g mol = kJ/kmol

TABLE D.6 Enthalpies of Combustion Gases* (J/g mol)[†]

| K | N ₂ | O ₂ | Air | H ₂ | CO | CO ₂ | H ₂ O |
|-------|----------------|----------------|---------|----------------|---------|-----------------|------------------|
| 273 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 291 | 524 | 527 | 523 | 516 | 525 | 655 | 603 |
| 298 | 728 | 732 | 726 | 718 | 728 | 912 | 837 |
| 300 | 786 | 790 | 784 | 763 | 786 | 986 | 905 |
| 400 | 3,695 | 3,752 | 3,696 | 3,655 | 3,699 | 4,903 | 4,284 |
| 500 | 6,644 | 6,811 | 6,660 | 6,589 | 6,652 | 9,204 | 7,752 |
| 600 | 9,627 | 9,970 | 9,673 | 9,518 | 9,665 | 13,807 | 11,326 |
| 700 | 12,652 | 13,225 | 12,736 | 12,459 | 12,748 | 18,656 | 15,016 |
| 800 | 15,756 | 16,564 | 15,878 | 15,413 | 15,899 | 23,710 | 18,823 |
| 900 | 18,961 | 19,970 | 19,116 | 18,384 | 19,125 | 28,936 | 22,760 |
| 1,000 | 22,171 | 23,434 | 22,367 | 21,388 | 22,413 | 34,308 | 26,823 |
| 1,100 | 25,472 | 26,940 | 25,698 | 24,426 | 25,760 | 39,802 | 31,011 |
| 1,200 | 28,819 | 30,492 | 29,078 | 27,509 | 29,154 | 45,404 | 35,312 |
| 1,300 | 32,216 | 34,078 | 32,501 | 30,626 | 32,593 | 51,090 | 39,722 |
| 1,400 | 35,639 | 37,693 | 35,953 | 33,789 | 36,070 | 56,860 | 44,237 |
| 1,500 | 39,145 | 41,337 | 39,463 | 36,994 | 39,576 | 62,676 | 48,848 |
| 1,750 | 47,940 | 50,555 | 48,325 | 45,275 | 48,459 | 77,445 | 60,751 |
| 2,000 | 56,902 | 59,914 | 57,320 | 53,680 | 57,488 | 92,466 | 73,136 |
| 2,250 | 65,981 | 69,454 | 66,441 | 62,341 | 66,567 | 107,738 | 85,855 |
| 2,500 | 75,060 | 79,119 | 75,646 | 71,211 | 75,772 | 123,176 | 98,867 |
| 2,750 | 84,265 | 88,910 | 84,935 | 80,290 | 85,018 | 138,699 | 112,089 |
| 3,000 | 93,512 | 98,826 | 94,265 | 89,453 | 94,265 | 154,347 | 125,520 |
| 3,500 | 112,131 | 119,034 | 113,135 | 108,030 | 112,968 | 185,895 | 152,799 |
| 4,000 | 130,875 | 141,410 | 132,172 | 127,528 | 131,796 | 217,777 | 180,414 |

[†]To convert to cal/g mol multiply by 0.2390.

*Pressure = 1 atm.

SOURCE: Page 30 of Reference in Table D.7.

TABLE D.4 Enthalpies of Nitrogen and Some of its Oxides (J/g mol) (at 1 atm)
To convert to Btu/lb mol, multiply by 0.4306.

| K | N ₂ | NO | N ₂ O | NO ₂ | N ₂ O ₄ |
|-------|----------------|--------|------------------|-----------------|-------------------------------|
| 273 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 291 | 524 | 537 | 681 | 658 | 1,384 |
| 298 | 728 | 746 | 951 | 917 | 1,937 |
| 300 | 786 | 801 | 9,660 | 985 | 2,083 |
| 400 | 3,695 | 3,785 | 13,740 | 4,865 | 10,543 |
| 500 | 6,644 | 6,811 | 18,179 | 9,070 | 19,915 |
| 600 | 9,627 | 9,895 | 22,919 | 13,564 | 30,124 |
| 700 | 12,652 | 13,054 | 27,924 | 18,305 | |
| 800 | 15,756 | 16,292 | 33,154 | 23,242 | |
| 900 | 18,961 | 19,597 | 38,601 | 28,334 | |
| 1,000 | 22,171 | 22,970 | 44,258 | 33,551 | |
| 1,100 | 25,472 | 26,392 | 50,115 | 38,869 | |
| 1,200 | 28,819 | 29,861 | 56,170 | 44,266 | |
| 1,300 | 32,216 | 33,371 | 62,425 | 49,731 | |
| 1,400 | 35,639 | 36,915 | 68,868 | 55,258 | |
| 1,500 | 39,145 | 40,488 | 75,504 | 60,826 | |
| 1,750 | 47,940 | 49,505 | | | |
| 2,000 | 56,902 | 58,634 | | | |
| 2,250 | 65,981 | 67,856 | | | |
| 2,500 | 75,060 | 77,127 | | | |

TABLE D.5 Enthalpies of Sulfur Compounds (J/g mol) (at 1 atm)
To convert to Btu/lb mol, multiply by 0.4306.

| K | S ₂ (g) | SO ₂ | SO ₃ | H ₂ S | CS ₂ |
|-------|--------------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|
| 273 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 291 | 579 | 706 | 899 | 607 | 807 |
| 298 | 805 | 984 | 1,255 | 845 | 1,125 |
| 300 | 869 | 1,064 | 1,338 | 909 | 1,217 |
| 400 | 4,196 | 5,234 | 6,861 | 4,372 | 5,995 |
| 500 | 7,652 | 9,744 | 13,033 | 7,978 | 11,108 |
| 600 | 11,192 | 14,514 | 19,832 | 11,752 | 16,455 |
| 700 | 14,790 | 19,501 | 27,154 | 15,706 | 21,974 |
| 800 | 18,426 | 24,647 | 34,748 | 19,840 | 27,631 |
| 900 | 22,087 | 29,915 | 42,676 | 24,145 | 33,388 |
| 1,000 | 25,769 | 35,275 | 50,835 | 28,610 | 39,220 |
| 1,100 | 29,463 | 40,706 | 59,203 | 33,216 | 45,103 |
| 1,200 | 33,174 | 46,191 | 67,738 | 37,953 | 51,044 |
| 1,300 | 36,898 | 51,714 | 76,399 | 42,802 | 57,027 |
| 1,400 | 40,630 | 57,320 | | 47,739 | 63,052 |
| 1,500 | 44,371 | 62,927 | | 52,802 | 69,119 |
| 1,600 | 48,116 | 68,533 | | 57,906 | 75,186 |
| 1,700 | 51,881 | 74,182 | | 63,094 | 81,295 |
| 1,800 | 55,605 | 79,872 | | 68,324 | 87,361 |
| 1,900 | 59,370 | 85,520 | | | |
| 2,000 | 63,136 | 91,253 | | | |
| 2,500 | 82,006 | 119,871 | | | |
| 3,000 | 100,959 | 148,657 | | | |