**3 ЗАДАНИЯ для выполнения контрольной работы**

3.1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа выполняется студентом после изучения и усвоения теоретического курса. Каждый студент получает индивидуальное задание, вариант которого определяется последними цифрами номера зачетной книжки студента. Работа выполняется в отдельной тетради или на отдельных листах формата А4. На каждой странице должны быть поля для замечаний рецензента, в конце – место для внесения исправлений (если они понадобятся) и повторного решения неправильно решенных задач.

Ответы на вопросы и решение задач должны сопровождаться краткими пояснениями с указанием использованной литературы.

В случае возвращения работы на доработку студент обязан разобрать и исправить замечания рецензента в этой же тетради, сохранив при этом все ошибочные записи, сделанные ранее.

Проверенные работы обязательно предъявляются студентами при сдаче зачета.

3.2. УКАЗАНИЯ ПО ВЫБОРУ ЗАДАНИЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа состоит из семи заданий. Вариант контрольной работы выбирают по табл. 3.1. Номер варианта соответствует двум последним цифрам номера зачетной книжки студента. Для каждого варианта указаны номера соответствующих заданий для выполнения. Первая цифра в номере задания – порядковый номер задания, вторая – порядковый номер варианта из таблицы к данному вопросу (заданию). Например, студент, шифр которого заканчивается цифрами 01, выполняет контрольную работу с номерами заданий: 1.1, 2.1, 3.1, 4.1+4.2, 5.1, 6.1, 7.1. При этом решает первый вариант из первого задания, (табл. 3.2), первый вариант из второго (табл. 3.3), первый вариант из третьего (табл. 3.4), первый и второй варианты из четвертого задания (табл. 3.5), первый из пятого (табл. 3.6) и т. д.

Таблица 3.1-Варианты контрольной работы

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Вари-ант** | **Номер задания** | | | | | | |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** |
| ***1*** | ***2*** | ***3*** | ***4*** | ***5*** | ***6*** | ***7*** | ***8*** |
| **01** | 1.1 | 2.1 | 3.1 | 4.1+4.2 | 5.1 | 6.1 | 7.1 |
| **02** | 1.2 | 2.2 | 3.2 | 4.1+4.3 | 5.2 | 6.2 | 1. 7.2 |
| **03** | 1.3 | 2.3 | 3.3 | 4.1+4.4 | 5.3 | 6.3 | 7.3 |
| **04** | 1.4 | 2.4 | 3.4 | 4.1+4.5 | 5.4 | 6.4 | 7.4 |
| **05** | 1.5 | 2.5 | 3.5 | 4.2+4.3 | 5.5 | 6.5 | 7.5 |
| **06** | 1.6 | 2.6 | 3.6 | 4.2+4.4 | 5.6 | 6.6 | 7.6 |
| **07** | 1.7 | 2.7 | 3.7 | 4.2+4.5 | 5.7 | 6.7 | 7.7 |
| **08** | 1.8 | 2.8 | 3.8 | 4.2+4.6 | 5.8 | 6.8 | 7.8 |
| **09** | 1.9 | 2.9 | 3.9 | 4.2+4.7 | 5.9 | 6.9 | 7.9 |
| **10** | 1.10 | 2.10 | 3.10 | 4.3+4.4 | 5.10 | 6.10 | 7.10 |
| **11** | 1.11 | 2.11 | 3.11 | 4.3+4.5 | 5.11 | 6.11 | 7.11 |
| **12** | 1.12 | 2.12 | 3.12 | 4.3+4.6 | 5.12 | 6.12 | 7.12 |
| **13** | 1.13 | 2.13 | 3.13 | 4.3+4.7 | 5.13 | 6.13 | 7.13 |
| **14** | 1.14 | 2.14 | 3.14 | 4.3+4.8 | 5.14 | 6.14 | 7.14 |
| **15** | 1.15 | 2.15 | 3.15 | 4.4+4.5 | 5.15 | 6.15 | 7.15 |
| **16** | 1.16 | 2.16 | 3.16 | 4.4+4.6 | 5.16 | 6.16 | 7.16 |
| **17** | 1.17 | 2.17 | 3.17 | 4.4+4.7 | 5.17 | 6.17 | 7.17 |
| **18** | 1.18 | 2.18 | 3.18 | 4.4+4.8 | 5.18 | 6.18 | 7.18 |
| **19** | 1.19 | 2.19 | 3.19 | 4.4+4.9 | 5.19 | 6.19 | 7.19 |
| **20** | 1.20 | 2.20 | 3.20 | 4.5+4.6 | 5.20 | 6.20 | 7.20 |
| **21** | 1.21 | 2.21 | 3.21 | 4.5+4.7 | 5.21 | 6.21 | 7.21 |
| **22** | 1.22 | 2.22 | 3.22 | 4.5+4.8 | 5.22 | 6.22 | 7.22 |
| **23** | 1.23 | 2.23 | 3.23 | 4.5+4.9 | 5.23 | 6.23 | 7.23 |
| **24** | 1.24 | 2.24 | 3.24 | 4.5+4.10 | 5.24 | 6.24 | 7.24 |
| **25** | 1.25 | 2.25 | 3.25 | 4.6+4.7 | 5.25 | 6.25 | 7.25 |
| **26** | 1.26 | 2.26 | 3.26 | 4.6+4.8 | 5.26 | 6.26 | 7.26 |
| **27** | 1.27 | 2.27 | 3.27 | 4.6+4.9 | 5.27 | 6.27 | 7.27 |
| **28** | 1.28 | 2.28 | 3.28 | 4.6+4.10 | 5.28 | 6.28 | 7.28 |
| **29** | 1.29 | 2.29 | 3.29 | 4.6+4.11 | 5.29 | 6.29 | 7.29 |

Продолжение таблицы 3.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *1* | *2* | *3* | *4* | *5* | *6* | | *7* | | *8* |
| 30 | 1.30 | 2.30 | 3.30 | 4.7+4.8 | 5.30 | | 6.30 | | 7.30 |
| 31 | 1.31 | 2.31 | 3.31 | 4.7+4.9 | 5.31 | | 6.31 | | 7.31 |
| 32 | 1.32 | 2.32 | 3.32 | 4.7+4.10 | 5.32 | | 6.32 | | 7.32 |
| 33 | 1.33 | 2.33 | 3.33 | 4.7+4.11 | 5.33 | | 6.33 | | 7.33 |
| 34 | 1.34 | 2.34 | 3.34 | 4.7+4.12 | 5.34 | | 6.34 | | 7.34 |
| 35 | 1.35 | 2.35 | 3.35 | 4.8+4.9 | 5.35 | | 6.35 | | 7.35 |
| 36 | 1.36 | 2.36 | 3.36 | 4.8+4.10 | 5.36 | | 6.36 | | 7.36 |
| 37 | 1.37 | 2.37 | 3.37 | 4.8+4.11 | 5.37 | | 6.37 | | 7.37 |
| 38 | 1.38 | 2.38 | 3.38 | 4.8+4.12 | 5.38 | | 6.38 | | 7.38 |
| 39 | 1.39 | 2.39 | 3.39 | 4.8+4.13 | 5.39 | 6.39 | | 7.39 | |
| 40 | 1.40 | 2.40 | 3.40 | 4.9 + 4.10 | 5.40 | 6.40 | | 7.40 | |
| 41 | 1.41 | 2.41 | 3.41 | 4.9 + 4.11 | 5.41 | 6.41 | | 7.41 | |
| 42 | 1.42 | 2.42 | 3.42 | 4.9 + 4.12 | 5.42 | 6.42 | | 7.42 | |
| 43 | 1.43 | 2.43 | 3.43 | 4.9 + 4.13 | 5.43 | 6.43 | | 7.43 | |
| 44 | 1.44 | 2.44 | 3.44 | 4.9 + 4.14 | 5.44 | 6.44 | | 7.44 | |
| 45 | 1.45 | 2.45 | 3.45 | 4.10 + 4.11 | 5.45 | 6.45 | | 7.45 | |
| 46 | 1.46 | 2.46 | 3.46 | 4.10 + 4.12 | 5.46 | 6.46 | | 7.46 | |
| 47 | 1.47 | 2.47 | 3.47 | 4.10 + 4.13 | 5.47 | 6.47 | | 7.47 | |
| 48 | 1.48 | 2.48 | 3.48 | 4.10 + 4.14 | 5.48 | 6.48 | | 7.48 | |
| 49 | 1.49 | 2.49 | 3.49 | 4.10 + 4.15 | 5.49 | 6.49 | | 7.49 | |
| 50 | 1.50 | 2.50 | 3.50 | 4.11 + 4.12 | 5.50 | 6.50 | | 7.50 | |
| 51 | 1.1 | 2.1 | 3.1 | 4.11 + 4.13 | 5.1 | 6.1 | | 7.51 | |
| 52 | 1.2 | 2.2 | 3.2 | 4.11 + 4.14 | 5.2 | 6.2 | | 7.52 | |
| 53 | 1.3 | 2.3 | 3.3 | 4.11 + 4.15 | 5.3 | 6.3 | | 7.53 | |
| 54 | 1.4 | 2.4 | 3.4 | 4.11 + 4.16 | 5.4 | 6.4 | | 7.54 | |
| 55 | 1.5 | 2.5 | 3.5 | 4.12 + 4.13 | 5.5 | 6.5 | | 7.55 | |
| 56 | 1.6 | 2.6 | 3.6 | 4.12 + 4.14 | 5.6 | 6.6 | | 7.56 | |
| 57 | 1.7 | 2.7 | 3.7 | 4.12 + 4.15 | 5.7 | 6.7 | | 7.57 | |
| 58 | 1.8 | 2.8 | 3.8 | 4.12 + 4.16 | 5.8 | 6.8 | | 7.58 | |
| 59 | 1.9 | 2.9 | 3.9 | 4.12 + 4.17 | 5.9 | 6.9 | | 7.59 | |
| 60 | 1.10 | 2.10 | 3.10 | 4.13 + 4.14 | 5.10 | 6.10 | | 7.60 | |
| 61 | 1.11 | 2.11 | 3.11 | 4.13 + 4.15 | 5.11 | 6.11 | | 7.61 | |
| 62 | 1.12 | 2.12 | 3.12 | 4.13 + 4.16 | 5.12 | 6.12 | | 7.62 | |
| 63 | 1.13 | 2.13 | 3.13 | 4.13 + 4.17 | 5.13 | 6.13 | | 7.63 | |
| 64 | 1.14 | 2.14 | 3.14 | 4.13 + 4.18 | 5.14 | 6.14 | | 7.64 | |

Продолжение таблицы 3.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *1* | *2* | *3* | *4* | *5* | *6* | *7* | *8* |
| 65 | 1.15 | 2.15 | 3.15 | 4.14+ 4.15 | 5.15 | 6.15 | 7.65 |
| 66 | 1.16 | 2.16 | 3.16 | 4.14+ 4.16 | 5.16 | 6.16 | 7.66 |
| 67 | 1.17 | 2.17 | 3.17 | 4.14+ 4.17 | 5.17 | 6.17 | 7.67 |
| 68 | 1.18 | 2.18 | 3.18 | 4.14+ 4.18 | 5.18 | 6.18 | 7.68 |
| 69 | 1.19 | 2.19 | 3.19 | 4.14+ 4.19 | 5.19 | 6.19 | 7.69 |
| 70 | 1.20 | 2.20 | 3.20 | 4.15+ 4.16 | 5.20 | 6.20 | 7.70 |
| 71 | 1.21 | 2.21 | 3.21 | 4.15+ 4.17 | 5.21 | 6.21 | 7.71 |
| 72 | 1.22 | 2.22 | 3.22 | 4.15+ 4.18 | 5.22 | 6.22 | 7.72 |
| 73 | 1.23 | 2.23 | 3.23 | 4.15+ 4.19 | 5.23 | 6.23 | 7.73 |
| 74 | 1.24 | 2.24 | 3.24 | 4.15+ 4.20 | 5.24 | 6.24 | 7.74 |
| 75 | 1.25 | 2.25 | 3.25 | 4.16+ 4.17 | 5.25 | 6.25 | 7.75 |
| 76 | 1.26 | 2.26 | 3.26 | 4.16+ 4.18 | 5.26 | 6.26 | 7.76 |
| 77 | 1.27 | 2.27 | 3.27 | 4.16+ 4.19 | 5.27 | 6.27 | 7.77 |
| 78 | 1.28 | 2.28 | 3.28 | 4.16+ 4.20 | 5.28 | 6.28 | 7.78 |
| 79 | 1.29 | 2.29 | 3.29 | 4.16+ 4.21 | 5.29 | 6.29 | 7.79 |
| 80 | 1.30 | 2.30 | 3.30 | 4.16+ 4.22 | 5.30 | 6.30 | 7.80 |
| 81 | 1.31 | 2.31 | 3.31 | 4.17+ 4.18 | 5.31 | 6.31 | 7.81 |
| 82 | 1.32 | 2.32 | 3.32 | 4.17+ 4.19 | 5.32 | 6.32 | 7.82 |
| 83 | 1.33 | 2.33 | 3.33 | 4.17+ 4.20 | 5.33 | 6.33 | 7.83 |
| 84 | 1.34 | 2.34 | 3.34 | 4.17+ 4.21 | 5.34 | 6.34 | 7.84 |
| 85 | 1.35 | 2.35 | 3.35 | 4.17+ 4.22 | 5.35 | 6.35 | 7.85 |
| 86 | 1.36 | 2.36 | 3.36 | 4.18+ 4.19 | 5.36 | 6.36 | 7.86 |
| 87 | 1.37 | 2.37 | 3.37 | 4.18+ 4.20 | 5.37 | 6.37 | 7.87 |
| 88 | 1.38 | 2.38 | 3.38 | 4.18+ 4.21 | 5.38 | 6.38 | 7.88 |
| 89 | 1.39 | 2.39 | 3.39 | 4.18+ 4.22 | 5.39 | 6.39 | 7.89 |
| 90 | 1.40 | 2.40 | 3.40 | 4.18+ 4.23 | 5.40 | 6.40 | 7.90 |
| 91 | 1.41 | 2.41 | 3.41 | 4.19+ 4.24 | 5.41 | 6.41 | 7.91 |
| 92 | 1.42 | 2.42 | 3.42 | 4.19+ 4.25 | 5.42 | 6.42 | 7.92 |
| 93 | 1.43 | 2.43 | 3.43 | 4.19+ 4.1 | 5.43 | 6.43 | 7.93 |
| 94 | 1.44 | 2.44 | 3.44 | 4.19+ 4.2 | 5.44 | 6.44 | 7.94 |
| 95 | 1.45 | 2.45 | 3.45 | 4.19+ 4.3 | 5.45 | 6.45 | 7.95 |
| 96 | 1.46 | 2.46 | 3.46 | 4.20+ 4.21 | 5.46 | 6.46 | 7.96 |
| 97 | 1.47 | 2.47 | 3.47 | 4.20+ 4.22 | 5.47 | 6.47 | 7.97 |
| 98 | 1.48 | 2.48 | 3.48 | 4.20+ 4.23 | 5.48 | 6.48 | 7.98 |
| 99 | 1.49 | 2.49 | 3.49 | 4.20+ 4.24 | 5.49 | 6.49 | 7.99 |
| 100 | 1.50 | 2.50 | 3.50 | 4.20+ 4.25 | 5.50 | 6.50 | 7.100 |

Задание №1

Рассчитать отрицательный и положительный массовый *Кm±*, глубинный *Kп*, и объемный *Кv* показателикоррозии металлов по данным табл. 3.2. Атмосферное давление во всех случаях равно 105 Па.

Таблица 3.2 - Данные для расчета показателей скорости коррозии

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Металл | S,  см2 | τ, час. | Состав продуктов  окисления | *Δm*, г | Объем поглощенного кислорода  Vτ, л | Температура окисления,  К |
| *1* | *2* | *3* | *4* | *5* | *6* | *7* | *8* |
| 1 | Mn | 100 | 8 | MnO | - | 2,5 | 1273 |
| 2 | Cr | 100 | 20 | Cr2O3 | - | 50 | 673 |
| 3 | Ni | 1000 | 100 | NiO | +20,0 | - | 1173 |
| 4 | Cu | 1000 | 13 | CuO | -30,0 | - | 673 |
| 5 | Mo | 50 | 4 | Mo2O3 | -40,0 | - | 1073 |
| 6 | Zn | 150 | 100 | ZnO | +20,0 | - | 673 |
| 7 | Ni | 80 | 12 | NiO | - | 2,0 | 1073 |
| 8 | Fe | 20 | 10 | Fe2O3 | - | 0,5 | 1273 |
| 9 | Cd | 100 | 8 | CdO | - | 5,0 | 873 |
| 10 | Co | 200 | 6 | CoO | - | 2,0 | 1073 |
| 11 | Fe | 10 | 1 | Fe3O4 | -0,1 | - | 1073 |
| 12 | Ni | 100 | 2 | NiO | -3,0 | - | 973 |
| 13 | Mg | 70 | 3 | Mg | +10,0 | - | 1173 |
| 14 | V | 80 | 5 | V2O5 | -4,0 | - | 1273 |
| 15 | V | 100 | 7 | V2O4 | -10,0 | - | 973 |
| 16 | Fe | 50 | 6 | Fe2O3 |  | 2,5 | 1173 |
| 17 | W | 20 | 3 | WO2 |  | 50 | 1273 |
| 18 | W | 40 | 4 | WO3 |  | 20 | 873 |
| 19 | Bi | 60 | 6 | Bi2O3 | +75,5 | - | 1073 |
| 20 | Al | 80 | 5 | Al2O3 | +30,0 | - | 1373 |

Продолжение таблицы 3.2

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *1* | *2* | *3* | *4* | *5* | *6* | *7* | *8* |
| 21 | Cd | 20 | 10 | CdO | -25,0 |  | 1273 |
| 22 | Fe | 40 | 8 | Fe3O4 | -45,0 |  | 873 |
| 23 | Pb | 60 | 6 | PbO | -50,0 |  | 973 |
| 24 | Cu | 80 | 7 | CuO | -22,0 |  | 1173 |
| 25 | Sb | 100 | 2 | Sb2O3 | - | 100 | 773 |
| 26 | Fe | 20 | 1 | Fe2O3 |  | 0,5 | 973 |
| 27 | Os | 30 | 2 | OsO2 |  | 5,0 | 1173 |
| 28 | Ag | 40 | 4 | Ag2O |  | 2,0 | 1273 |
| 29 | Ba | 50 | 5 | BaO | - 5,0 |  | 873 |
| 30 | Al | 60 | 6 | Al2O3 | - 10,0 |  | 1073 |
| 31 | Co | 70 | 5 | CoO | +10,0 |  | 1373 |
| 32 | Cd | 80 | 7 | CdO | +20,0 |  | 1273 |
| 33 | Zn | 90 | 8 | ZnO | -30,0 |  | 873 |
| 34 | Pb | 100 | 10 | PbO | -40,0 |  | 973 |
| 35 | Ni | 200 | 20 | NiO | +50,0 |  | 1173 |
| 36 | Nb | 300 | 10 | Nb2O5 | - | 2,5 | 773 |
| 37 | Mn | 400 | 3 | Mn2O5 | - | 50 | 973 |
| 38 | Sn | 500 | 20 | SnO | - | 20 | 1173 |
| 39 | Bi | 60 | 4 | Bi2O3 | - | 0,2 | 1273 |
| 40 | Zn | 20 | 25 | ZnO | - | 2,0 | 873 |
| 41 | Nb | 30 | 1 | NbO2 | - | 0,8 | 1073 |
| 42 | Nb | 40 | 4 | NbO | - | 2,0 | 1373 |
| 43 | Zr | 50 | 5 | ZrO2 | - | 0,5 | 1273 |
| 44 | Ni | 2000 | 7 | NiO | - | 5,0 | 873 |
| 45 | Pb | 3000 | 2 | PbO2 | - | 2,0 | 973 |
| 46 | Ti | 4000 | 3 | TiO2 | -10,0 |  | 1173 |
| 47 | Ag | 5000 | 4 | Ag2O | -25,0 |  | 773 |
| 48 | Cu | 6000 | 5 | CuO | +35,5 |  | 973 |
| 49 | V | 7000 | 6 | V2O5 | +90,0 |  | 1173 |
| 50 | Zn | 8000 | 7 | ZnO | +40,0 |  | 1273 |

Задание №2

Оценить сплошность пленок, образуемых на поверхности металлов при высокотемпературной коррозии.

Таблица 3.3 - Данные для расчета условия сплошности пленок

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Металл | Оксид | ρ , г/см3 | | №п/п | Металл | Оксид | ρ , г/см3 | |
| металл | оксид | металл | оксид |
| 1 | Al | Al2O3 | 2,70 | 4,00 | 26 | Mn | Mn3O4 | 7,30 | 4,80 |
| 2 | Be | BeO | 1,85 | 3,00 | 27 | Mn | Mn2O3 | 7,30 | 4,30 |
| 3 | Cd | CdO | 8,64 | 8,15 | 28 | Mo | MoO2 | 10,23 | 6,47 |
| 4 | Co | CoO | 8,80 | 6,20 | 29 | Mo | MoO3 | 10,23 | 4,6 |
| 5 | Co | Co2O3 | 8,80 | 5,18 | 30 | Nb | Nb2O5 | 8,56 | 4,7 |
| 6 | Co | Co3O4 | 8,80 | 6,10 | 31 | Nb | NbO2 | 8,56 | 5,98 |
| 7 | Cr | Cr2O3 | 7,16 | 5,21 | 32 | Nb | NbO | 8,56 | 7,26 |
| 8 | Cu | Cu2O | 8,93 | 6,0 | 33 | Ni | NiO | 8,90 | 7,45 |
| 9 | Cu | CuO | 8,93 | 6,4 | 34 | Pb | PbO2 | 11,34 | 9,38 |
| 10 | Fe | FeO | 7,86 | 5,7 | 35 | Pb | PbO | 11,34 | 9,53 |
| 11 | Fe | Fe3O4 | 7,86 | 5,1 | 36 | Ir | IrO2 | 22,42 | 3,15 |
| 12 | Fe | Fe2O3 | 7,86 | 5,24 | 37 | Sn | SnO | 7,3 | 6,45 |
| 13 | Mg | MgO | 1,74 | 3,58 | 38 | Ta | Ta2O5 | 16,6 | 8,74 |
| 14 | Mn | MnO | 7,30 | 5,40 | 39 | Zn | ZnО | 7,14 | 5,6 |
| 15 | V | VO | 6,11 | 5,7 | 40 | Zr | ZrO2 | 6,50 | 5,73 |
| 16 | V | V2O3 | 6,11 | 4,85 | 41 | Ca | CaO | 1,54 | 3,37 |
| 17 | V | V2O4 | 6,11 | 4,3 | 42 | Na | Na2O | 0,97 | 2,8 |
| 18 | V | V2O5 | 6,11 | 3,36 | 43 | Sr | SrO | 2,67 | 4,7 |
| 19 | W | WO2 | 19,3 | 12,11 | 44 | Ba | BaO | 3,50 | 5,0 |
| 20 | W | WO3 | 19,3 | 7,16 | 45 | Ti | TiO2 | 4,54 | 4,26 |
| 21 | W | W3O | 19,3 | 14,8 | 46 | Pb | Pb3O4 | 11,34 | 9,10 |
| 22 | Вi | Вi 2O3 | 9,87 | 8,93 | 47 | Ag | Ag2O | 10,5 | 7,14 |
| 23 | Sb | Sb2O3 | 6,67 | 5,67 | 48 | Pd | PdO | 12,02 | 8,7 |
| 24 | Ga | Ga2O3 | 5,9 | 5,95 | 49 | Pt | PtO | 21,45 | 14,9 |
| 25 | In | In 2O3 | 7,31 | 7,18 | 50 | Os | OsO2 | 22,4 | 11,37 |

Задание № 3

В таблице 3.4 приведены упругости диссоциации РМеО оксидов двух металлов. Будут ли корродировать эти металлы: а) на воздухе; б) в вакууме, давление воздуха в котором равно 10 −3 Па? Температура 1000°С. Ответ обоснуйте.

Таблица 3.4 - Данные для расчета вероятности протекания газовой коррозии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | РМеО, Па | | №  п/п | РМеО, Па | | №  п/п | РМеО , Па | |
| Ме1 | Ме2 | Ме1 | Ме2 | Ме1 | Ме2 |
| 1 | 10 – 4 | 0,4 | 18 | 10 – 15 | 1,3·105 | 35 | 10 - 32 | 0,4·104 |
| 2 | 10 – 6 | 10 – 2 | 19 | 10 – 16 | 1,4·105 | 36 | 10 – 33 | 0,3·104 |
| 3 | 10 – 4 | 0,1 | 20 | 10 – 17 | 1,6·105 | 37 | 10 – 34 | 0,2·104 |
| 4 | 0,1 | 10 – 3 | 21 | 10 – 18 | 1,7·105 | 38 | 10 – 35 | 0,1·104 |
| 5 | 10 - 7 | 10 – 12 | 22 | 10 – 19 | 1,5·105 | 39 | 10 – 16 | 10 4 |
| 6 | 10 - 5 | 10 – 11 | 23 | 10 – 20 | 1,8·105 | 40 | 10 – 15 | 10 3 |
| 7 | 10 – 5 | 10 – 4 | 24 | 10 – 21 | 1,9·105 | 41 | 10 – 14 | 0,1·104 |
| 8 | 10 – 14 | 10 – 3 | 25 | 10 – 22 | 2,0·105 | 42 | 10 – 13 | 0,2·104 |
| 9 | 10 – 5 | 10 - 9 | 26 | 10 – 23 | 0,2·105 | 43 | 10 – 12 | 0,3·104 |
| 10 | 10 – 6 | 0,8 | 27 | 10 – 24 | 0,3·105 | 44 | 10 – 11 | 0,4·104 |
| 11 | 10 – 7 | 0,3 | 28 | 10 – 25 | 0,1·105 | 45 | 10 – 10 | 0,5·104 |
| 12 | 10 – 8 | 1,4 | 29 | 10 – 26 | 10 5 | 46 | 10 – 9 | 0,6·104 |
| 13 | 10 – 9 | 2,0 | 30 | 10 – 27 | 0,9·104 | 47 | 10 – 8 | 0,7·104 |
| 14 | 10 – 11 | 0,4·105 | 31 | 10 – 28 | 0,8·104 | 48 | 10 – 7 | 0,8·104 |
| 15 | 10 – 12 | 0,8·105 | 32 | 10 – 29 | 0,7·104 | 49 | 10 – 6 | 0,9·104 |
| 16 | 10 – 13 | 0,9·105 | 33 | 10 – 30 | 0,6·104 | 50 | 10 – 5 | 10 2 |
| 17 | 10 – 14 | 1,0·105 | 34 | 10 - 31 | 0,5·104 |  |  |  |

Задание №4

Оцените возможность использования металла для жаростойкого легирования железа (сравнительную оценку выполните по отношению к железу). Ответ обоснуйте.

Таблица 3.5 - Данные о химических элементах

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Металл | r иона,  нм | - ΔG °,  кДж/моль | R, Ом  при 1000°С |
| Fe 2+ | | 0,075 | 283 | 10 -3 |
| 1 | Si 4+ | 0,041 | 910 | 106 |
| 2 | Ca 2+ | 0,098 | 647 | 103 |
| 3 | Ti 4+ | 0,068 | 944 | 102 |
| 4 | V 3+ | 0,066 | 1250 | 104 |
| 5 | Cr 3+ | 0,064 | 1165 | 101 |
| 6 | Mn 3+ | 0,062 | 958 | 101 |
| 7 | Al 3+ | 0,050 | 1690 | 107 |
| 8 | Zn 2+ | 0,074 | 318 | 10 |
| 9 | Ni 2+ | 0,069 | 252 | 102 |
| 10 | Мо 6+ | 0,083 | 780 | 102 |
| 11 | Мо 4+ | 0,079 | 605 | 102 |
| 12 | Sr 2+ | 0,113 | 605 | 102 |
| 13 | Zr 4+ | 0,080 | 1115 | 101 |
| 14 | Nb 4+ | 0,071 | 810 | 10 -2 |
| 15 | Sn 2+ | 0,118 | 300 | 2 |
| 16 | Ba 2+ | 0,175 | 635 | 0,22 |
| 17 | Pb 2+ | 0,032 | 240 | 10 -4 |
| 18 | Be 2+ | 0,065 | 603 | 106 |
| 19 | Mg 2+ | 0,072 | 608 | 106 |
| 20 | Co 2+ | 0,065 | 251 | 10 -3 |
| 21 | Cu 2+ | 0,096 | 162 | 10 -3 |
| 22 | Cd 2+ | 0,097 | 260 | 7 |
| 23 | W 5+ | 0,066 | 1402 | 103 |
| 24 | Nb 5+ | 0,069 | 1900 | 10 -2 |
| 25 | Pt2+ | 0,080 | 90 | 103 |

Примечания: ΔG ° - работа образования оксида; R - омическое сопротивление оксида;

r - радиус иона металла.

Задание №5

Укажите места протекания катодных (К) и анодных (А) процессов. Напишите их уравнения в указанных системах. Ответ обоснуйте.

Таблица 3.6 - Схемы протекания коррозионных процессов

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № | Схема | № | Схема |
| *1* | *2* | *3* | *4* |
| 1 | **ржавчина**  **Сталь**  **Н2О** | 2 | **морская вода**  **Zn**  **свая Fe** |
| 3 | **раствор NaCl**  **Сu**  **Fe** | 4 | **Сварной**  **шов**  **Морская вода**  **Углеродистая сталь** |
| 5 | **Морская вода**  **Fe** | 6 | **Раствор NaOH**  **Zn**  **Fe** |
| 7 | **Fe**  **Раствор HCl**  **Лакокрасочная пленка** | 8 | **Раствор H2SO4**  **Fe**  **Cu** |
| 9 | **Al**  **Fe**  **Раствор Na2SO4** | 10 | **Раствор HCl**  **Cu**  **Mn** |

Продолжение таблицы 3.6

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *1* | *2* | *3* | *4* |
| 11 | **Углеродистая сталь**  **вода**  **Нагревательный**  **элемент**  **Т1**  **Т2**  **Т2**  **Т1** | 12 | **песок**  **Углеродистая труба**  **глина** |
| 13 | **Углеродистая труба**  **глина**  **песок**  **изоляция** | 14 | **Оцинкованная труба**  **Углеродистая труба**  **глина**  **песок** |
| 15 | **воздух**  **изоляция**  **Углеродистая сталь**  **Нержавеющая сталь** | 16 | **воздух**  **Оцинкованный болт**  **Резиновая прокладка**  **сталь** |
| 17 | **воздух**  **Плохой доступ О2** | 18 | **воздух**  **изоляция**  **Углеродистая сталь**  **Al** |
| 19 | **Раствор соли**  **сталь**  **FeS** | 20 | **Воздух с парами NaCl**  **сталь** |

Продолжение таблицы 3.6

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *1* | *2* | *3* | *4* |
| 21 | **Раствор H2SO4**  **сталь**  **CaS**  **Нержавеющая сталь** | 22 | **Раствор NaOH**  **Zn**  **Cu**  **ZnO** |
| 23 | **сталь**  **Раствор NaOH**  **окалина**  **Подвод O2** | 24 | **Раствор NaOH**  **сталь**  **Плотный слой ржавчины**  **пленка влаги** |
| 25 | **Sn**  **Раствор Na2SO4**  **сталь**  **Полимерная пленка** | 26 | **Zn**  **Cd**  **Раствор H2SO4**  **Резиновое**  **покрытие** |
| 27 | **Раствор H2SO4**  **Pb**  **Резиновое**  **покрытие**  **Ag** | 28 | **Раствор H2SO4**  **Cu**  **Zn покрытиее**  **Au** |
| 29 | **Углеродистая труба**  **грунт**  **Цинковый протектор** | 30 | **Алюминиевый лист**  **Пористая пленка Al2O3**  **воздух** |

Продолжение таблицы 3.6

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *1* | *2* | *3* | *4* |
| 31 | **латунь**  **Раствор H2SO4**  **Fe**  **Cu**  **Zn** | 32 | **раствор Na2SO4**  **Zn**  **лакокрасочная пленка**  **Fe**  **Fe3C** |
| 33 | **Zn**  **Ti**  **резина**  **воздух**  **Сu** | 34 | **резина**  **Fe**  **воздух** |
| 35 | **Fe**  **воздух** | 36 | **Fe**  **Раствор щелочи**  **Лакокрасочная пленка** |
| 37 | **Fe**  **Пористая пленка Sn**  **Морская вода** | 38 | **резина**  **Fe**  **Раствор H2SO4** |
| 39 | **Углеродистая труба**  **Грунт с кислым рН**  **Протектор из Mg** | 40 | **Раствор H2SO4**  **Медный болт**  **Резиновая прокладка**  **сталь** |

Продолжение таблицы 3.6

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *1* | *2* | *3* | *4* |
| 41 | **Fe**  **Раствор HCl**  **Zn- покрытие** | 42 | **Раствор КOH**  **Fe**  **графит**  **Подвод O2** |
| 43 | **Углеродистая труба**  **грунт**  **Zn-покрытие** | 44 | **Раствор Na2SO4**  **Fe**  **Sn**  **Al2O3**  **Fe3C** |
| 45 | **Резиновая прокладка**  **Раствор NaOH**  **Fe болт**  **Zn**  **Мо**  **80оС**  **20оС** | 46 | **Пористая пленка ZnO**  **Морская вода**  **Fe** |
| 47 | **Пресная вода**  **Сu**  **80 оС**  **20 оС**  **Cd** | 48 | **Zn**  **Fe**  **H2SO4** |
| 49 | **Zn**  **Раствор HCl**  **Нагревательный**  **элемент**  **Т1**  **Т2**  **Т2**  **Т1** | 50 | **Капля раствора HCl**  **сталь**  **MnS**  **воздух** |

Задание № 6

Какие катодные и анодные процессы могут идти на Ме1 и Ме2 в указанной среде (табл. 3.7)? Рассмотреть два случая: а) металлы не контактируют друг с другом; б) находятся в контакте. Т=298 °К.

Таблица 3.7 - Варианты заданий

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Ме1 | Ме2 | Среда | № п/п | Ме1 | Ме2 | Среда |
| 1 | Mg | Fe | кислая | 26 | Zn | Sn | щелочная |
| 2 | Al | Fe | щелочная | 27 | Zn | Pb | нейтральная |
| 3 | Nb | Fe | нейтральная | 28 | Zn | Cu | кислая |
| 4 | Ti | Fe | кислая | 29 | Zn | Pb | щелочная |
| 5 | Cr | Fe | щелочная | 30 | Zn | Ag | нейтральная |
| 6 | Cd | Fe | нейтральная | 31 | Zn | Pd | кислая |
| 7 | Co | Fe | кислая | 32 | Cu | Au | щелочная |
| 8 | Ni | Fe | щелочная | 33 | Cu | Mg | нейтральная |
| 9 | Mo | Fe | нейтральная | 34 | Cu | Al | кислая |
| 10 | Sn | Fe | кислая | 35 | Cu | Nb | щелочная |
| 11 | Pb | Fe | щелочная | 36 | Cu | Ti | нейтральная |
| 12 | Cu | Fe | нейтральная | 37 | Cu | Cr | кислая |
| 13 | Pb | Fe | кислая | 38 | Cu | Cd | щелочная |
| 14 | Ag | Fe | щелочная | 39 | Cu | Co | нейтральная |
| 15 | Pd | Fe | нейтральная | 40 | Cu | Ni | кислая |
| 16 | Au | Fe | кислая | 41 | Cu | Mo | щелочная |
| 17 | Zn | Fe | щелочная | 42 | Cu | Sn | нейтральная |
| 18 | Zn | Al | нейтральная | 43 | Cu | Pb | кислая |
| 19 | Zn | Nb | кислая | 44 | Cu | Ag | щелочная |
| 20 | Zn | Ti | щелочная | 45 | Cu | Pd | нейтральная |
| 21 | Zn | Cr | нейтральная | 46 | Cu | Au | кислая |
| 22 | Zn | Cd | кислая | 47 | Al | Mg | щелочная |
| 23 | Zn | Co | щелочная | 48 | Al | Mo | нейтральная |
| 24 | Zn | Ni | нейтральная | 49 | Al | Sn | кислая |
| 25 | Zn | Mo | кислая | 50 | Al | Ag | щелочная |

Задание №7

Выбрать и обосновать наиболее экономически целесообразный способ защиты металлического изделия от коррозии в заданных условиях.

Таблица 3.8 - Условия эксплуатации металлических материалов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | Изделие | Условие эксплуатации |
| *1* | *2* | *3* |
| 1 | Свая | Морская вода |
| 2 | Конструкции буровой вышки | Морская атмосфера и вода |
| 3 | Корпус корабля | Морская атмосфера и вода |
| 4 | Канат | Подземная шахта |
| 5 | Корпус вагонетки | Атмосферная коррозия |
| 6 | Нефтехранилище (внутренняя поверхность) | Сырая нефть |
| 7 | Мостовой кран | Отделение травления |
| 8 | Мостовой кран | Цех прокатки |
| 9 | Кран для погрузки | Шихтовый двор |
| 10 | Кран для воды | Воздух |
| 11 | Парогенератор | Перегретый пар, t= 300-500оС |
| 12 | Водопроводные трубы | Горячая вода |
| 13 | Водопроводные трубы | Холодная вода |
| 14 | Травильная ванна | Серная кислота, 20% |
| 15 | Травильная ванна | Соляная кислота, 15% |
| 16 | Травильная ванна | Азотная кислота, 10% |
| 17 | Гайка | Атмосфера |
| 18 | Болт | Морская вода |
| 19 | Подкрылки автомобиля | Атмосфера городская, гололед |
| 20 | Подвесной мост | Территория промышленного предприятия |
| 21 | Цельнометаллический вагон | Атмосфера |
| 22 | Кузов автомобиля | Атмосфера, вода |

Продолжение табл.3.8

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *1* | *2* | *3* |
| 23 | Паровой котел | Период межремонтных работ |
| 24 | Электрический контакт | Атмосфера |
| 25 | Муфта | Грунт, нефть (внутри трубы) |
| 26 | Вытяжная труба | Продукты сгорания топлива |
| 27 | Холодильники газовые | Орошение водой |
| 28 | Емкости для хранения воды | Пресная вода |
| 29 | Метизные детали | Атмосфера |
| 30 | Метизные детали | Межоперационное хранение |
| 31 | Трубный прокат | Межоперационное хранение после травления |
| 32 | Выхлопная труба автомобиля | Выхлопные газы при t= 500-800 оС |
| 33 | Железнодорожные колеса | Транспортировка морем |
| 34 | Арматура нагревательных печей | Атмосфера, t=-500 -1000оС |
| 35 | Бензобак | Бензин |
| 36 | Металлорежущие станки | Промышленная атмосфера |
| 37 | Выхлопная труба автомобиля | Выхлопные газы |
| 38 | Гайка | Морская атмосфера |
| 39 | Хлебоуборочный комбайн | Сельская атмосфера |
| 40 | Корпус прибора | Закрытое складское помещение |
| 41 | Радиатор автомобиля | Атмосферная коррозия, t=50-90оC |
| 42 | Пружина | Морская коррозия |
| 43 | Металлопрокат | Термообработка при t= 5000 С |
| 44 | Ведро для хранения воды | Пресная вода |
| 45 | Кровельный лист | Атмосфера |
| 46 | Ключ гаечный | Атмосфера |
| 47 | Купол воздухонагревателя | Атмосфера |
| 48 | Кран-балка | Травильное отделение |
| 49 | Опора кран-балок | Литейный двор |

Продолжение табл. 3.8

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *1* | *2* | *3* |
| 50 | Кран-балка | Морская атмосфера |
| 51 | Трубопроводы для холодной воды | Грунт |
| 52 | Трубопроводы для горячего водоснабжения | Атмосфера |
| 53 | Нефтепроводы | Грунт |
| 54 | Газопроводы | Грунт |
| 55 | Корпус корабля | Морская вода |
| 56 | Трубопроводы для горячей воды | Атмосфера |
| 57 | Трубопроводы для горячей воды | Грунт |
| 58 | Арматура в бетоне | Бетон |
| 59 | Алюминиевые листы для изготовления ответственных деталей | Морская атмосфера |
| 60 | Лопасти винтов корабля | Морская вода |
| 61 | Обшивка самолета | Атмосфера |
| 62 | Гайки, шайбы | Хранение воздуха |
| 63 | Несущие конструкции доменных цехов | Промышленная атмосфера |
| 64 | Крыша дома | Городская атмосфера |
| 65 | Трубы | Термообработка ( t=500оС) |
| 66 | Катанка | Травление в кислоте |
| 67 | Листы | Термообработка (отжиг) |
| 68 | Холодильные камеры | Атмосфера |
| 69 | Корпус пылесоса | Атмосфера |
| 70 | Бак стиральной машины | Моющие средства |
| 71 | Корпус стиральной машины | Атмосфера, моющий раствор |
| 72 | Батареи водяного отопления | Горячая (40-90 оС) вода, атмосфера |
| 73 | Вагоны трамвая | Атмосфера |
| 74 | Кузов автомобиля | Атмосфера |

Продолжение табл. 3.8

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *1* | *2* | *3* |
| 75 | Корпус часов | Атмосфера |
| 76 | Трубы (водоводы) | Морская вода |
| 77 | Трубы (водоводы) | Солончаковый грунт |
| 78 | Днище автомобиля | Атмосфера |
| 79 | Колпаки колес автомобиля | Атмосфера |
| 80 | Цистерна | Концентрированная серная кислота |
| 81 | Цистерна | Пресная вода |
| 82 | Бачок для хранения растворов | Раствор щелочи |
| 83 | Бачок для хранения растворов | Раствор соли |
| 84 | Бачок для хранения растворов | Пресная вода |
| 85 | Внутренняя поверхность труб насоса для перекачки растворов | Вода |
| 86 | Корпус ручных часов | Атмосфера |
| 87 | Контакты электрические | Атмосфера |
| 88 | Ванна для травления | Серная кислота (С = 25%) |
| 89 | Ванна для промывки после сернокислотного травления | Вода оборотного цикла |
| 90 | Наружные металлоконструкции печи для термообработки | Температура (до t 300 оС) |
| 91 | Станины прокатных станов (горячая прокатка) | Промышленная атмосфера |
| 92 | Трубы для перекачки кислоты | Растворы сернокислые (С = 20%) |
| 93 | Опоры линий электропередач | Сельская атмосфера |
| 94 | Крыша конвертерного цеха | Промышленная атмосфера |
| 95 | Конструкции соко-цеха сахарного завода | Промышленная атмосфера (t воздуха до 50-60оС) |
| 96 | Формы для выпечки хлеба | Высокая температура |
| 97 | Пассажирские вагоны | Атмосфера |
| 98 | Пояса дымовых труб | Промышленная атмосфера |
| 99 | Катанка | Межоперационное хранение |
| 100 | Металлические изделия | Длительное хранение |

Приложение А

Стандартные электродные потенциалы металлов

Таблица А.1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Реакция | ϕ, В | Реакция | ϕ, В |
| K+ + e ↔K | -2,925 | Ni 2+ +2e ↔Ni | - 0,250 |
| Ba 2+ +2e ↔Ba | -2,900 | Mo 3+ +3e ↔Mo | - 0,200 |
| Na + + e ↔Na | - 2,714 | Sn 2+ +2e ↔Sn | - 0,136 |
| Mg 2+ +2e ↔Mg | -2,370 | Pb 2+ +2e ↔Pb | - 0,126 |
| Hf 4+ + 4e ↔Hf | - 1,700 | Fe 3+ +3e ↔Fe | - 0,037 |
| Al 3+ +3e ↔Al | -1,660 | H + +e ↔½ H2 | 0,000 |
| Ti 2+ +2e ↔ Ti | -1,630 | Sn 4+ +4e ↔Sn | + 0,007 |
| Zr 4+ + 4e ↔Zr | - 1,530 | Bi 3+ +3e ↔Bi | + 0,215 |
| Ti 3+ + 3e ↔Ti | -1,210 | Sb 3+ +3e ↔Sb | + 0,240 |
| V 2+ +2e ↔V | - 1,186 | Cu 2+ + 2e ↔Cu | + 0,337 |
| Mn 2+ + 2e ↔Mn | -1,180 | Co 3+ + 3e ↔Co | + 0,418 |
| Cr 2+ + 2e ↔Cr | - 0,913 | Cu + + e ↔Cu | + 0,521 |
| Zn 2+ + 2e ↔Zn | - 0,762 | Ag + + e ↔Ag | + 0,799 |
| Cr 3+ + 3e ↔Cr | - 0,740 | Hg 2+ + 2e ↔Hg | + 0,854 |
| Fe 2+ +2e ↔Fe | - 0,440 | Pd 2+ +2e ↔Pd | + 0,987 |
| Cd 2+ + 2e ↔Cd | - 0,402 | Ir 3+ +3e ↔Ir | + 1,150 |
| In 3+ + 3e ↔In | - 0,342 | Pt 2+ + 2e ↔Pt | + 1,190 |
| Mn 3+ +3e ↔Mn | - 0,283 | Au 3+ + 3e ↔Au | + 1,500 |
| Co 2+ +2e ↔Co | - 0,277 | Au + + e ↔Au | + 1,690 |

Приложение Б

Атомная масса и плотности элементов

Таблица Б.1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Элемент | Символ | Атомная масса | Плотность, г/см3 |
| *1* | *2* | *3* | *4* |
| Азот | N | 14,00 | - |
| Алюминий | Al | 26,98 | 2,70 |
| Барий | Ba | 137,33 | 3,51 |
| Бериллий | Be | 9,01 | 1,82 |
| Бор | B | 10,81 | 2,34 |
| Бром | Br | 79,90 | 3,12 |
| Ванадий | V | 50,94 | 5,90 |
| Висмут | Bi | 208,98 | 9,87 |
| Водород | H | 1,00 | - |
| Вольфрам | W | 183,85 | 19,30 |
| Галлий | Ga | 69,72 | 5,9 |
| Железо | Fe | 55,85 | 7,86 |
| Золото | Au | 196,92 | 19,30 |
| Индий | In | 114,82 | 7,31 |
| Йод | I | 126,90 | - |
| Иридий | Ir | 192,22 | 22,42 |
| Кадмий | Cd | 112,41 | 8,64 |
| Калий | K | 39,09 | 0,86 |
| Кальций | Ca | 40,08 | 1,55 |
| Кислород | O | 15,99 | - |
| Кобальт | Co | 58,93 | 8,83 |
| Кремний | Si | 28,08 | 2,33 |
| Магний | Mg | 24,30 | 1,74 |
| Марганец | Mn | 54,93 | 7,30 |
| Мышьяк | As | 74,92 | - |

Продолжение таблицы Б.1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *1* | *2* | *3* | *4* |
| Mедь | Cu | 63,54 | 8,93 |
| Молибден | Mo | 95,94 | 10,20 |
| Натрий | Na | 22,98 | 0,97 |
| Никель | Ni | 58,70 | 8,90 |
| Ниобий | Nb | 92,91 | 8,56 |
| Олово | Sn | 118,69 | 7,28 |
| Палладий | Pd | 106,40 | 12,00 |
| Платина | Pt | 195,09 | 21,45 |
| Рений | Re | 186,21 | 20,90 |
| Родий | Rh | 102,91 | 12,44 |
| Рутений | Ru | 101,07 | 12,30 |
| Свинец | Pb | 207,20 | 11,34 |
| Селен | Se | 78,96 | 4,79 |
| Сера | S | 32,06 | 2,07 |
| Серебро | Ag | 107,87 | 10,50 |
| Стронций | Sr | 87,62 | 2,60 |
| Сурьма | Sb | 121,75 | 6,68 |
| Тантал | Тa | 180,98 | 16,60 |
| Титан | Ti | 47,90 | 4,50 |
| Углерод | C | 12,01 | - |
| Уран | U | 238,02 | 18,9 |
| Фосфор | P | 30,97 | - |
| Фтор | F | 18,99 | - |
| Хлор | Cl | 35,45 | - |
| Хром | Cr | 51,99 | 7,90 |
| Цинк | Zn | 65,38 | 7,13 |
| Цирконий | Zr | 91,22 | 6,50 |