



Materiais Condutores

Prof.: Sheila Santisi Travessa

Disciplina: Materiais Elétricos

Introdução

- Os materiais condutores são caracterizados por diversas grandezas, as quais podemos destacar:
 - Condutividade ou resistividade elétrica
 - Coeficiente de temperatura
 - Condutividade térmica
 - Potencial de contato
 - Comportamento mecânico

Introdução

- A escolha do material adequado nem sempre recai sobre aquele de características elétricas mais vantajosas.
- A decisão deve recair sobre um metal ou uma liga, que apesar de eletricamente menos vantajoso, satisfaz as demais condições de utilização.

Introdução

- Os principais materiais de elevada condutividade elétrica são os metais nobres, acrescidos de alguns outros grupos e de suas ligas.
- Os metais de alta condutividade podem ser empregados como:
 - Condutores
 - Enrolamentos de máquinas elétricas
 - Transformadores...

Introdução

- Em algumas outras aplicações, há interesse em materiais normalmente ligas de alta resistência, com objetivo de fabricar:
 - Resistências
 - Aparelhos de calefação
 - Filamentos para lâmpadas incandescentes...

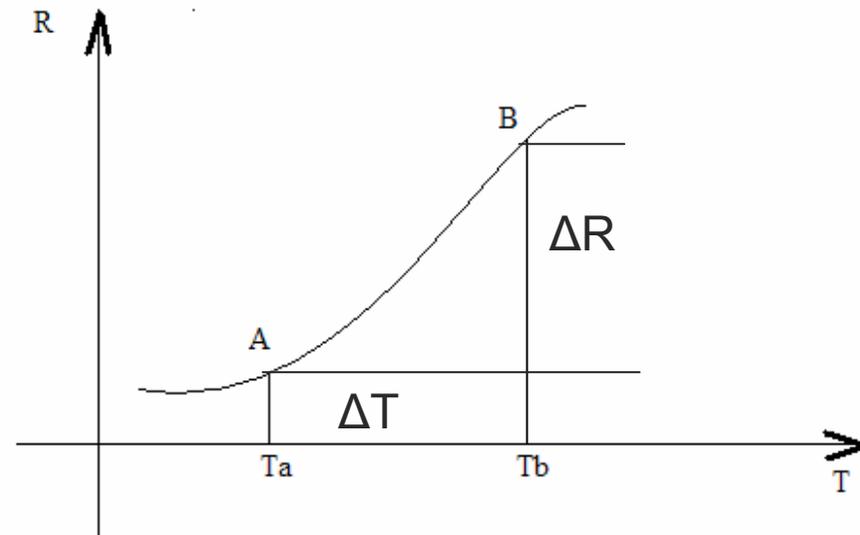
Características dos Materiais Condutores

- Variação da resistividade com a temperatura e a frequência:
 - Resistência elétrica de uma dada peça de determinado material:
 - $R = \rho \cdot l / A$
 - $\rho \rightarrow$ resistividade elétrica do material ($\Omega \cdot \text{cm}$)
 - $A \rightarrow$ seção transversal (em cm^2)
 - $l \rightarrow$ Comprimento do condutor (em cm)

Características dos Materiais Condutores

- Representação da variação da resistência e função da temperatura.

- Temperatura \uparrow as partículas vibram interferindo no movimento dos elétrons.
- Causando perdas no deslocamento dos elétrons e, conseqüentemente, aquecimento do condutor.



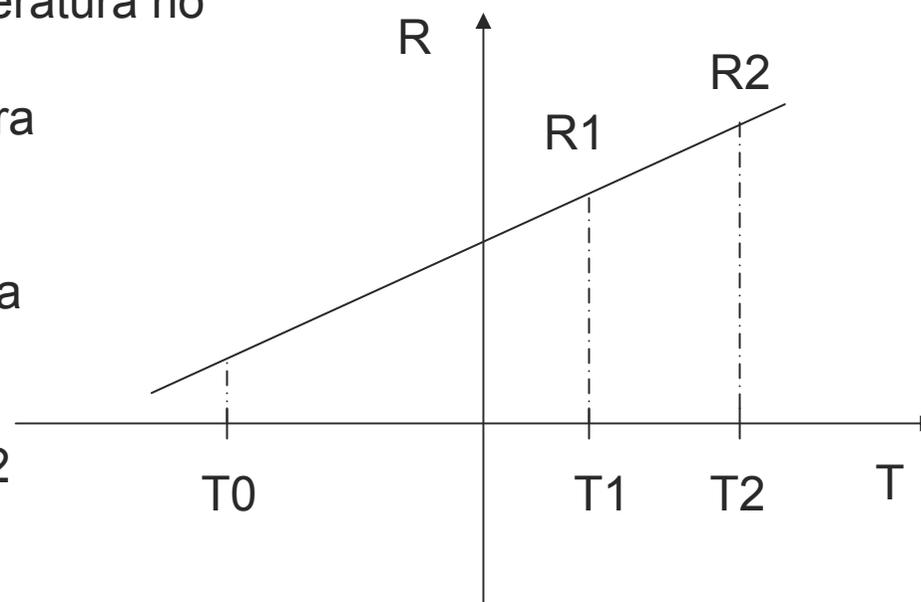
Características dos Materiais Condutores

- O interesse prático está no setor reto, trecho AB, cuja inclinação é
 - $\text{tg}\alpha = \Delta R / \Delta T$

a relação $\text{tg}\alpha/R$ é o coeficiente de temperatura da resistência e indicado por α_{T_1} . Onde a temperatura de referência, é tomada como $T_1 = 20^\circ\text{C}$.
 - $R_{T_2} = R_{20} [1 + \alpha_{20}(T_2 - 20)]$

Características dos Materiais Condutores

- Se a parte linear do gráfico da resistência em função da temperatura for estendida para esquerda ele cortará o eixo de temperatura no ponto T_0 , onde a resistência é nula.
- Essa temperatura T_0 é a temperatura inserida para resistência zero (teoricamente $-273\text{ }^\circ\text{C}$).
- Se T_0 é conhecida e se a resistência R_1 em outra temperatura T_1 é também conhecida então a resistência R_2 a uma temperatura T_2 pode ser encontrada.



$$R_2 = (T_2 - T_0 / T_1 - T_0) \cdot R_1$$

Características dos Materiais Condutores

- A condutividade térmica de metais e ligas também é de extrema importância pois é ela que demonstra a capacidade do material de liberar para o ambiente o aquecimento causado pelas perdas.

Exercícios_1

1. Encontre a resistência a 20°C de uma barra de cobre recozido de 3m de comprimento e 0,5cm por 3cm de seção reta retangular.
2. Encontre a resistência de um condutor de alumínio cujo comprimento é de 1000m e o diâmetro é de 1,626mm. O condutor está a 20°C .
3. Qual a resistividade da platina se um cubo com 1cm possui uma resistência de $10\mu\Omega$ entre faces opostas.
4. Um cabo de 20m de comprimento e área de seção reta de $2,1\text{mm}^2$ possui uma resistência de $1,17\Omega$ a 20°C .
5. Um certo condutor de alumínio possui uma resistência de 5Ω a 20°C . Qual o comprimento de um condutor de cobre recozido de mesmo tamanho e mesma temperatura.
6. Em uma rede aérea, um cabo de alumínio possui uma resistência de 150Ω à uma temperatura de 20°C . Encontre a resistência desse cabo quando aquecido pelo sol a uma temperatura de 42°C .
7. Encontre a resistência a 35°C de um cabo de alumínio de comprimento 200m e diâmetro de 1mm.
8. Em uma rede elétrica, um cabo de cobre possui uma resistência de 100Ω a uma temperatura de 20°C . Qual a resistência desse cabo quando aquecido pelo sol a uma temperatura de 38°C .
9. Quando 120V são aplicados sobre uma lâmpada, uma corrente de 0,5A circula fazendo com que o filamento de tungstênio atinja a uma temperatura de 2600°C . Qual a resistência do filamento dessa lâmpada a uma temperatura de 20°C .
10. Um certo condutor de cobre de um transformador desenergizado possui uma resistência de 30Ω a 20°C . Quando em operação, entretanto, esta resistência atinge 35Ω . Encontre a temperatura do condutor para essa situação.

Tabela 1

Material	Resistividade ($\Omega \cdot m$ a 20°C)
Prata	$1,64 \times 10^{-8}$
Cobre recozido	$1,72 \times 10^{-8}$
Alumínio	$2,83 \times 10^{-8}$
Ferro	$12,3 \times 10^{-8}$
Constantan	49×10^{-8}
Nicromo	100×10^{-8}
Silício	2500
Papel	10^{10}
Mica	5×10^{11}
Quartzo	10^{17}

Tabela 2

Material	Coefficiente de temperatura ($^{\circ}\text{C}^{-1}$ a 20°C)
Tungstênio	0,0045
Cobre	0,00393
Alumínio	0,00391
Prata	0,0038
Constantan	0,000008
Carbono	-0,0005

Tabela 3

Material	Temperatura inserida para resistência zero(�C)
Tungst�nio	-202
Cobre	-234,5
Alumínio	-236
Prata	-243
Constantan	-125000

➤ A liga de constantan foi descoberta por um processo de tentativa e erro. Descobriu-se que uma liga de 60% Cobre e 40% Níquel proporcionava o mínimo de mudança de resistência com a temperatura. Alguns anos mais tarde, descobriu-se que uma liga de Níquel e Cromo, chamada de Nicromo, também era estável com a temperatura.

Resistência de Contato nos Metais

- Quando aplicamos uma peça metálica sobre a outra, com objetivo de contato elétrico, estas ficam na verdade separadas, qualquer que seja a pressão a que sejam submetidas, por uma distância relativamente grande se comparada às dimensões do átomo.

Resistência de Contato nos Metais

- A passagem da energia de uma peça a outra se dá por dois modos:
 - Através da zona de contato íntimo, ou de condução.
 - Através da zona de ruptura, onde o gradiente de potencial pode alcançar valores elevados, muito pouco inferiores a rigidez dielétrica do ar.

Resistência de Contato nos Metais

- A partir do momento em que se apresentam ao mesmo tempo fenômenos condutores e disruptivos nos contatos, não é possível aplicar a estes a lei de Ohm.
- A resistência de contato, no entanto, é a relação entre a tensão nos bornes de contato e a intensidade de corrente que o atravessa.
 - Essa resistência não é constante e depende da pressão a que estão submetidas as peças (pressão de contato), da sua composição, forma, seção, do sentido e intensidade da corrente, etc.

Resistência de Contato nos Metais

- A prata, o cobre, o bronze, o latão e o tungstênio dão bons contatos, a resistência dos contatos de alumínio, entretanto, é muito elevada.
- Considera-se um bom contato quando resulta muito pequena a diferença de temperatura entre os mesmo e os pontos ao redor.

Materiais de Elevada Condutividade

- Os metais são elementos químicos que formam sólidos opacos, lustrosos, bons condutores de eletricidade e calor e quando polidos bons refletores de luz.
- A maioria dos metais é forte dútil, maleável e, em geral de alta densidade.

Materiais de Elevada Condutividade

- Cobre e suas ligas:
 - O cobre apresenta vantagens a seguir, que lhe garantem posição de destaque entre os metais condutores.
 - Pequena resistividade
 - Características mecânicas favoráveis
 - Baixa oxidação para maioria das aplicações
 - Fácil deformação a frio e a quente

Materiais de Elevada Condutividade

- O cobre tem cor avermelhada característica, o que o distingue de outros metais, que com exceção do ouro, são geralmente cinzentos, com diversas tonalidades.
- O valor da condutividade informa sobre o grau de pureza do cobre.
- Destaque-se então que a condutividade elétrica do cobre é muito influenciada na presença de impurezas, mesmo em pequenas quantidades.

Materiais de Elevada Condutividade

- O cobre resiste bem a ação da água, de fumaças, sulfatos, carbonatos, sendo atacado pelo oxigênio do ar, e em presença deste, ácidos, sais e amoníacos podem corroer o cobre.

Materiais de Elevada Condutividade

- Aplicações do cobre:
 - O cobre encruado ou duro é usado nos casos em que se exige elevada dureza, resistência a tração e pequeno desgaste...
 - Redes aéreas de cabo nú em tração elétrica, particularmente, para:
 - Fios telefônicos
 - Peças de contato
 - Anéis coletores

Materiais de Elevada Condutividade

- Aplicações do cobre:
 - O cobre mole ou recozido:
 - Enrolamentos
 - Barramentos
 - Cabos isolados
 - Casos intermediários precisam ser devidamente especificados.

Materiais de Elevada Condutividade

- O cobre resiste bem a ação dos seguintes elementos:
 - Água
 - Fumaças
 - Sulfatos
 - Carbonatos...

Materiais de Elevada Condutividade

- O cobre é atacado pelos seguintes elementos:
 - Oxigênio do ar
 - Ácidos
 - Sais
 - Amoníaco...

Ligas de Cobre

- A escolha da liga deve levar em consideração, também, fatores econômicos.
 - Um ex. são os bronzes (cobre e estanho), podem suportar adições, mais ou menos importantes de chumbo, de zinco e as vezes de níquel.
 - Resistente ao desgaste por atrito;
 - Fácil usinagem;
 - São ligas elásticas.

Ligas de Cobre

- Outro ex. são os latões (cobre e zinco, com a adição de chumbo ou alumínio).
 - Latões comuns não são aconselháveis quando existirem problemas de corrosão;
 - Já os latões de alta resistência, são possuidores de excelentes propriedades mecânicas e notável resistência a corrosão.

Alumínio e suas Ligas

- No global de suas propriedades, é o segundo metal mais usado na eletricidade;
- Há nos últimos anos uma preocupação permanente em substituir mais e mais as aplicações do cobre pelo alumínio, por motivos econômicos.
 - Mesmo considerando a necessidade de condutores de alumínio com diâmetro maior que seria necessário se o material fosse cobre, o fio de alumínio ainda tem a metade do peso de de cobre...
- Importante em aplicações em que o aspecto peso tem importância relevante. Ex.: instalações elétricas de aviões...

Alumínio e suas Ligas

- Comportamento oxidante:
 - Apresenta uma oxidação extremamente rápida. Formando uma película fina de óxido de alumínio que tem a propriedade de evitar que a oxidação se amplie.
 - Por outro lado esta película apresenta uma tensão de ruptura de 100 a 300V, o que dificulta a soldagem do alumínio que por essa razão exige pastas especiais.

Aplicações e Ligas de Alumínio

- Alumínio puro: utilizado onde solicitações mecânicas são pequenas.
 - Cabos isolados;
 - Capacitores.

Aplicações e Ligas de Alumínio

- Existe um grande número de ligas de alumínio usadas eletricamente, onde encontramos o alumínio associado ao Cu, Mg, Mn, Si.
 - Com exceção da liga formada com silício constituem sistemas cristalinos mistos, sensivelmente dependentes das condições de temperatura em que a liga é processada.

Aplicações e Ligas de Alumínio

- O pequeno peso específico das ligas de alumínio leva na área eletrotécnica, às seguintes aplicações principais:
 - Redução de peso de equipamento portátil;
 - Em partes de equipamento elétrico em movimento, redução de massa, da energia cinética e do desgaste por atrito;
 - Peças sujeitas a transporte, maior facilidade nesse transporte, extensiva a montagem dos mesmos;
 - Estruturas de suporte de materiais elétricos (ex. cabos) redução do peso e conseqüente estrutura mais leve;
 - Em locais de elevada corrosão, o uso particular de ligas com manganês.

Outros Metais Condutores

- Chumbo (Pb)
- Estanho (Sn)
- Prata (Ag)
- Ouro (Au)
- Platina (Pt)
- Mercúrio (Hg)
- Zinco (Zn)
- Cádmio (Cd)
- Níquel (Ni)
- Cromo (Cr)
- Tungstênio (W)
- Ferro (Fe)

[Materiais de Alta Resistividade]

- As Ligas metálicas resistivas são utilizadas com três finalidades distintas:
 - Ligas para fins térmicos e de aquecimento;
 - Ligas para fins de medição;
 - Ligas para fins de regulação.

Ligas de Aquecimento

- Precisam ter uma elevada estabilidade térmica;
- Possui uma temperatura máxima de serviço, que não pode ser ultrapassada, referida ao ambiente de serviço, geralmente em contato com o ar;
- Tal película, porém, poderá romper-se se houver freqüentes aquecimentos e resfriamentos/freqüentes ligações e desligamentos da rede elétrica.

Ligas para fins de Medição

- Resistores para instrumentos de precisão admitem um coeficiente de temperatura máximo de $2,5 \times 10^{-6}$ $^{\circ}\text{C}$, uma pequena tensão de contato com relação ao cobre e uma resistência praticamente constante.
- Tais ligas sofrem geralmente deformação a frio o que pode acarretar “envelhecimento” sensível após algum uso.
- Por essa razão é comum aplicar-se um processo de envelhecimento artificial, para estabilizar o material, através de um tratamento térmico controlado, que elimina tensões internas, estabiliza e homogeneíza os cristais.

[Ligas para fins de Regulação]

- Há 5 ligas que habitualmente se empregam na resolução de problemas diversos, tais como:
 - Fabricação de reostatos;
 - Resistências de aquecimento para fornos;
 - Aquecedores;
 - Aparelhos de laboratório, etc...

[Ligas para fins de Regulação]

- Os fios resistentes são normalmente revestidos de uma película impermeável e isolante de óxido, a qual permite bobinar resistências com as espiras encostadas, desde que a diferença de potencial entre os pontos vizinhos não exceda qualquer coisa como 2V.

[Ligas para fins de Regulação]

- Ligas habitualmente empregadas:
 - Liga A – Aplicada em resistências de aquecimento a temperatura moderada e reostatos de aquecimento de motores.
 - Liga B - Aplicada em resistências de aquecimento a temperatura moderada. Aquecimento doméstico reostatos de motores de tração.
 - Liga C – Aplicada na fabricação de radiadores fornos de tratamento a altas temperaturas e em aparelhos de medida
 - Liga D – aplicações análogas a anterior
 - Liga E – Aplicável em radiadores luminosos, fornos de tratamento a altas temperaturas, aparelhos de laboratório e resistências de medidas.

[Ligas para fins de Regulação]

- Carbono e Grafite (C)
 - Quando cristalizado no sistema cúbico, o diamante não é condutor de eletricidade;
 - As outras variedades, que são mais ou menos negras, adquirem esta propriedade quando submetidas a uma temperatura adequada.
 - Podem ser classificadas em grafites e carbonos amorfos.

Carbono e Grafite

- A grafite é:
 - muito mais densa,
 - melhor condutora de eletricidade,
 - um tanto oleosa
 - menos sensível aos agentes químicos que os carbonos amorfos.

Comparação das Principais Propriedades de algumas Variedades mais Correntes de Carbono

	Resistividade $\mu\Omega.cm$	Densidade -
Carbono amorfo	3200 a 6500	1,98 - 2,10
Carbono Eletrografítico	800 a 1200	2,20 – 2,24
Grafite natural	50 a 400	2,25

Aplicações do Carvão na Eletrotécnica

- Elementos de resistência
- Resistência fixa elevada
- Eletrodos para fornos de arco