



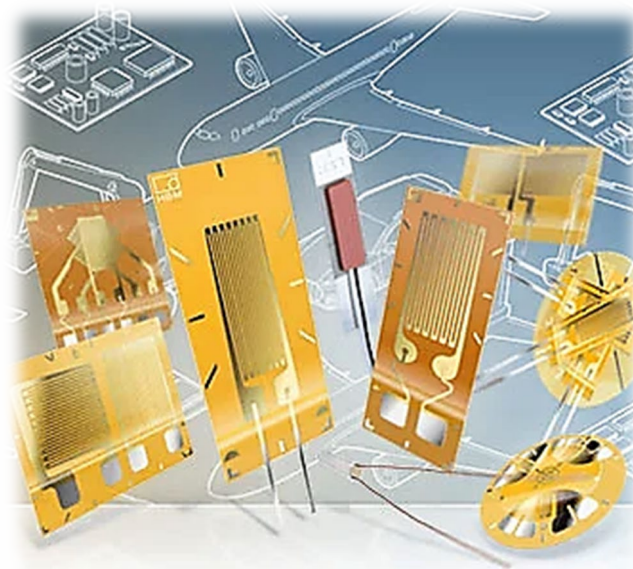
CFGS AUTOMATIZACIÓ I ROBOTICA INDUSTRIAL

MP 03: Sistemes de mesura i regulació

**UF1: Sensors, sistemes de condicionament i
mesura i dispositius d'accionament**

Treball Sensors

Galga extensiomètrica



Alumne: Jose Granados Diaz

Professor: Daniel Trias

Curs: 2021-2022

Data: Dijous 21 d'Octubre del 2021

Alumne: Jose Granados Diaz

Data: 21/10/2021

Curs: CFGS - 1r Automatització i robòtica industrial

Índex:

1. Introducció:.....	3
2. Que es?.....	3
3. Com funciona?	4
4. Com seleccionar galgues extensomètriques.....	6
5. Instal·lació de galgues extensomètriques.....	9
6. Tractament de la senyal	13
7. Com ho utilitzem?.....	14

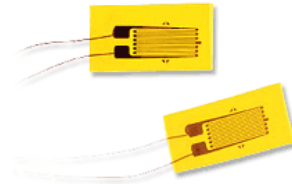
1. Introducció:

En aquest treball veurem que es una galga extensiomètrica, quines son les seves característiques i funcions, com funcionen, els tipus que hi ha i algun exemple pràctic.

2. Que es?

Una galga extensiomètrica es un sensor que es basa en el efecte piezoresistiu. Es fan servir per mesurar deformacions, amb això podem arribar a mesurar la força aplicada, traccions, compressions, torsions, etc.

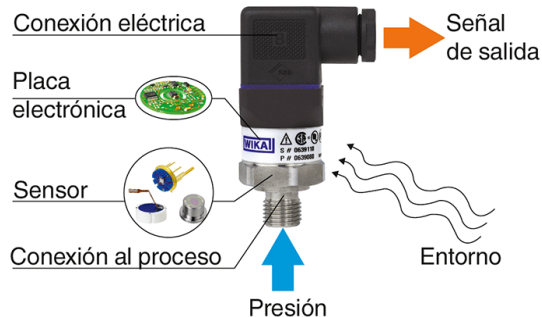
Són sensors que la seva resistència varia amb la força aplicada. Aquests sensors converteixen la força, pressió, tensió, pes, etc, en un canvi de la resistència elèctrica el qual pot ser mesurat.



Aquest tipus de sensors són els elements més importants en el disseny de transductors de pressió i cèl·lules de càrrega. La correcta utilització de les galgues per a mesurar forces i deformacions és una de les eines més rellevants en l'enginyeria o la construcció.



1. Cèl·lula de carrega

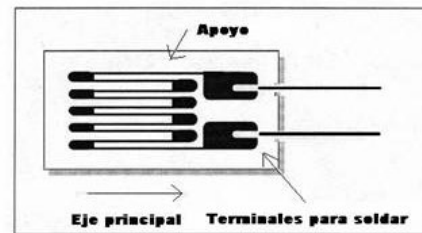


2. Transductor de pressió

3. Com funciona?

Una galga extensomètrica consisteix d'un filferro molt fi, o més comunament un paper metàl·lic arreglat en forma de reixeta com es mostra en la figura. Aquesta forma de reixeta permet aprofitar la màxima quantitat de material de la galga subjecte a la tensió al llarg del seu eix principal. Aquesta reixa en forma de zig-zag es col·loca a sobre d'una base plana flexible.

Aquest fil conductor té una resistència prèviament calibrada al llarg de tota la reixeta, quan aquest fil es deformat presenta una deformació i una variació de la resistència. La galga ha d'estar correctament enganxada al material que es vol fer la mesura perquè aquesta es deformi a la mateixa vegada que el material.

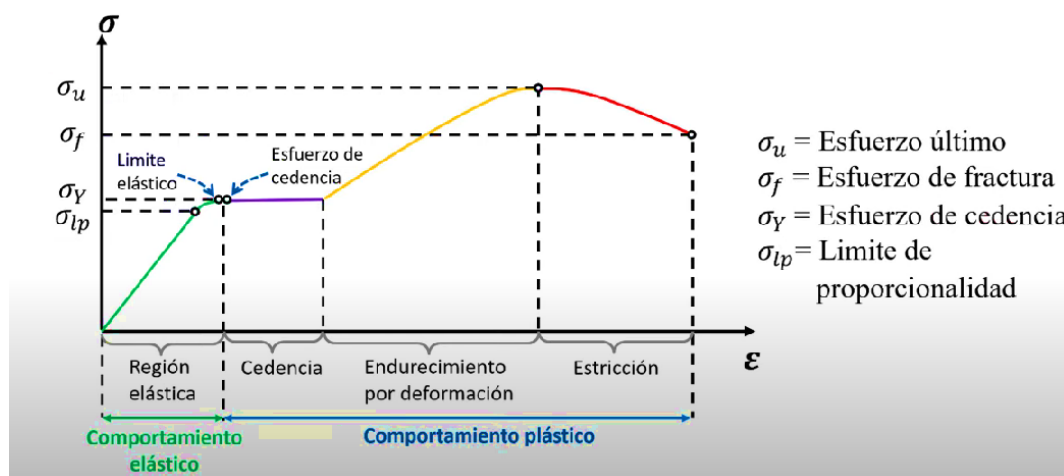


Depenen el tipus de fil que s'utilitza per fer la mesura tenim diferents variacions de la resistència. Ja que cada material presenta una característiques de deformitat plàstica diferents els quals es calculen per crear la galga extensiomètrica.

Depenen del tipus de material i la longitud d'aquest tenen unes característiques de plasticitat les quals d'un punt inicial de deformació fins a un cert punt límit el material es pot deformar de forma lineal i tornar a les seves condicions inicials, si s'aplica durant un temps constant una força el qual mantingui el material en el seu punt límit de deformació es produeix un canvi d'estat en el material i aquest ja no tornarà al seu punt inicial, a partir d'aquí el material es pot seguir deformant de forma no lineal fins trencar-se.

Aquesta linealitat de deformació s'utilitza per poder transformar la variació de la resistència en el material en la seva deformació per obtenir valors en la sortida.

Curva de deformación de un material



Segons el material que s'utilitza en la fabricació de la galga direm que hi tenim dos tipus de galgues extensiomètriques :

- Galga de fil conductor:

La seva resistència està formada per un fil conductor (aliatge de coure, níquel i manganès) en forma de zig-zag sobre un suport elàstic, de manera que la major part de longitud de fil es troba en la direcció o orientació en la qual es vol fer la mesura.

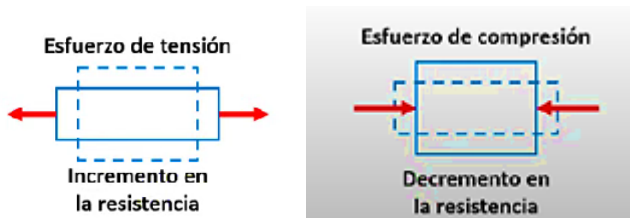
Quan es deforma la galga per estirament en la direcció de mesura es produeix un allargament del fil i la seva secció es redueix. La seva resistència varia segons la secció del mateix per tant es produeix segons aquesta equació:

ρ = És resistivitat del material
 l = És la longitud del fil en (cm)
 S = És la secció del fil (cm²)
 R = És la resistència de la galga sense cap deformació.

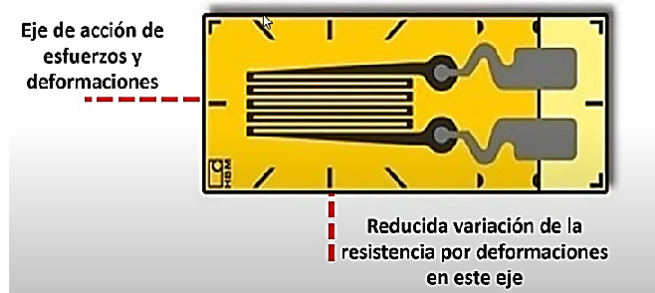
$$R = \rho \frac{l}{S} = \rho \frac{l}{\pi r^2}$$

La variació de la resistència es produeix per dos motius a l'hora: l'augment de la seva longitud i la reducció de la seva secció. Però la resistivitat es manté constant.

Si apliquem una força en el sentit de mesura de la galga aquesta rep un esforç de tensió i s'estira reduint la secció del fil que mesura i allargant la seva longitud aconseguint així un increment en la resistència. Si apliquem esforços al contrari comprimim el material com a conseqüència la secció del fil creix i la seva longitud disminueix aconseguint un decrement en la resistència.



Sempre s'ha de tenir en compte la direcció de la mesura ja que les forces aplicades en altres sentits no variarà casi la resistència.



Perquè les mesures siguin possibles les galgues solen tenir una resistència entre 100 i 1000Ω. Funcionen amb corrents molt petits (per evitar l'efecte Joule provoqui variacions en la resistència per escalfament). Si la temperatura incrementa la resistència varia.

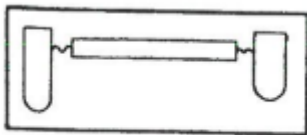
Aquestes galgues s'han de col·locar molt meticulosament tenint en compte la direcció de mesura, s'han d'enganxar uniforme al material i amb contacte directe sense cap bombolla d'aire ja que això faria que la galga no es deformés amb el material. S'han d'enganxar amb una cinta al material cobrint la galga i els conductors per evitar que es desenganxi, tan mateix amb el temps es solen despendre i s'han d'anar comprovant. L'altre opció és soldar-les al material.

Com que tenen una gran sensibilitat i detecten variacions molt petites són molt sensibles a les vibracions, això s'ha de tindre en compte en el lloc on es col·locaran. També la diferència de temperatura com hem tingut en compte anteriorment.

L'amplificació del senyal es fa per mètodes diferencials com es pot observar en la següent figura.

- Galga de semiconductor

Aquesta galga basa el seu funcionament en l'estirament d'una pista de material semiconductor (tira de silici) i en l'efecte piezoelèctric (variació de la seva resistivitat per la deformació del semiconductor). La seva sensibilitat és més gran que en les de fil conductor però tenen un petit problema, que és la gran dependència de la temperatura que presenten els semiconductors, això obliga a compensar tèrmicament i dificulta el seu calibrat. Són més sensibles a les vibracions.



4. Com seleccionar galgues extensomètriques.

Abans de seleccionar una galga extensomètrica, cal definir amb claredat quin és l'objectiu de mesurament. La principal pregunta que un ha de fer-se és si la galga extensomètrica s'emprarà en assajos experimentals, assajos de resistència o per a la fabricació de transductors. Quan es fabrica una cèl·lula de càrrega o transductor es té en compte un material flexible amb una galga instal·lada per crear una cèl·lula o transductor calibrat.

Triarem les galgues extensiomètriques tenint en compte:

- Segons el que es vol mesurar:

Ensayos de resistencia/durabilidad	Fabricación de transductores
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Análisis experimental de tensiones ▪ Análisis de tensiones residuales ▪ Análisis de carga ▪ Análisis de ciclo de vida ▪ Determinación de tensión térmica 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fuerza ▪ Masa ▪ Par ▪ Presión ▪ Deformación

- Segons la geometria de la galga:

Depenen de la quantitat de reixetes i la seva orientació podrem obtenir mesures en una o mes eixos d'esforços.

Geometría de la galga extensométrica



Galgas extensométricas lineales (ej., LY4): tienen una rejilla de medición y miden deformación en una dirección.



Rosetas en forma de T (ej., XY3): tienen dos rejillas de medición desplazadas 90° entre sí. Aplicaciones típicas: análisis de estados de tensión biaxiales con direcciones principales conocidas y medidas en barras de tracción/compresión.



Galgas extensométricas en forma de V (ej., XY4): tienen dos rejillas de medición desplazadas 90° entre sí. Aplicaciones típicas: medición en barras de torsión y determinación de tensiones de cizallamiento en barras de cizalladura con fibras neutras.



Galgas extensométricas dobles lineales (ej., DY4): tienen dos rejillas de medición paralelas entre sí. Aplicaciones típicas: medidas en vigas de flexión.



Rosetas con 3 rejillas de medición (ej., RY8) en ángulos de 0°/45°/90° o de 0°/60°/120°: una buena elección para analizar estados de tensión biaxiales con direcciones principales desconocidas.



Cadenas de galgas extensométricas (ej., KY8): se componen de 10 o 15 pequeñas rejillas de medición situadas sobre una lámina portadora común, con un espaciado constante (equispaciadas), más una galga adicional de compensación. Las cadenas de galgas extensométricas son especialmente idóneas para determinar gradientes de deformación.



Galgas extensométricas de puente completo (ej., VY4): tienen cuatro rejillas de medición, colocadas de modo que cada está desplazada 90° con respecto a la siguiente. Aplicaciones típicas: medidas en barras de tensión/compresión y determinación de tensiones de cizallamiento en barras de cizalladura.

- Segons la sèrie de la galga (La seva construcció):

Per exemple la marca HBM ofereix diferents sèries de galgues extensomètriques per a mesuraments de deformació. Cada sèrie ve definida per la combinació de materials del suport de la galga extensomètrica (ex., poliimida) i la làmina portadora de la reixeta de mesurament (ex., constantán). Totes les galgues extensomètriques d'una mateixa sèrie tenen els mateixos materials de suport i de làmina portadora de la reixeta de mesurament. Per aquest motiu, moltes de les especificacions són idèntiques per a totes les galgues d'una mateixa sèrie.

En els assajos experimentals, les galgues extensomètriques robustes i flexibles ofereixen una sèrie d'avantatges; per exemple, poden emprar-se en condicions difícils. A aquesta categoria pertany, per exemple, la sèrie “I” de galgues extensomètriques, amb poliimida sintètica com a material portador de la reixeta de mesurament. Aquesta sèrie ofereix una gran varietat de tipus de galgues extensomètriques, amb aplicacions molt diverses en els assajos experimentals.

- Segons les connexions de la galga:



Superfícies de soldadura integradas (ej., LY4)

- permeten soldar la galga extensomètrica directament



Grandes superficies para soldar sin carga de tracción (ej., LY6)

- permeten soldar la galga extensomètrica directament però, al mateix temps, proporcionen un desacoplament mecànic quasi total entre les superfícies per soldar i la làmina portadora



Banda de cobre plateada con níquel, no aislada, longitud aprox. 30 mm (1,18 pulgadas) (ej., LY1)

- no permeten soldar la galga extensomètrica directament
- desacoplament mecànic total entre els cables i la galga extensomètrica
- requereixen l'ús de punts de suport per soldar separats directament en la galga extensomètrica



Alambre de conexión aislado con fluoropolímero, longitud aprox. 50 mm (1,97 pulgadas) (ej., K-C LY4)

- no permeten soldar la galga extensomètrica directament
- el aïslament de fluoropolímer evita que el cable se pegue durant la instal·lació
- requereixen l'ús de punts de suport per soldar separats prop de la galga extensomètrica



Alambre de conexión aislado con fluoropolímero, longitud aprox. 50 mm (1,97 pulgadas) (ej., K-C LY4)

- longitud de cable segons requisits, entre 0,5 i 10 m (1,64-32,81 pees) amb opció de 2, 3 o 4 fils
- no poden soldar-se directament al punt de mesura
- el aïslament de fluoropolímer evita que el cable se pegue durant la instal·lació

- Segons l'adaptació de la resposta de temperatura:

Quan es connecten galgues extensomètriques individualment a un circuit de quart de pont de Wheatstone, es genera un senyal de sortida quan canvia la temperatura. Aquest senyal es denomina "deformació aparent" o "sortida tèrmica" i és independent de la càrrega mecànica que rep la mostra objecte d'assaig.

No obstant això, és possible ajustar la galga extensomètrica al coeficient de dilatació tèrmica d'un material específic, de manera que aquest senyal de sortida associada als canvis en la temperatura sigui molt petita. Aquestes galgues extensomètriques es coneixen com de "resposta de temperatura adaptada" o "autocompensades".

Per a beneficiar-se de la resposta de temperatura adaptada, és imprescindible seleccionar una galga extensomètrica amb un coeficient de dilatació pel cap alt semblança possible al material objecte d'assaig.

Código	Material	Coefficiente de dilatación térmica α
1	Acero ferrítico	$10.8 \cdot 10^{-6}/K$ ($6 \cdot 10^{-6}/^{\circ}F$)
3	Aluminio	$23 \cdot 10^{-6}/K$ ($12.8 \cdot 10^{-6}/^{\circ}F$)
5	Acero austenítico	$16 \cdot 10^{-6}/K$ ($8.9 \cdot 10^{-6}/^{\circ}F$)
6	Cuarzo / composite	$0.5 \cdot 10^{-6}/K$ ($0.3 \cdot 10^{-6}/^{\circ}F$)
7	Titanio/fundición gris	$9 \cdot 10^{-6}/K$ ($5 \cdot 10^{-6}/^{\circ}F$)
8	Plástico	$65 \cdot 10^{-6}/K$ ($36.1 \cdot 10^{-6}/^{\circ}F$)
9	Molibdeno	$5.4 \cdot 10^{-6}/K$ ($3 \cdot 10^{-6}/^{\circ}F$)

- Segons la longitud de la reixeta de mesura:

La longitud de la reixeta de mesurament ha de ser adequada al propòsit del mesurament. Al cap i a la fi, el resultat de la mesura obtinguda per la galga extensomètrica és la deformació mitjana sota la reixeta. En general, les reixetes de mesurament de 3 o 6 mm són una bona solució.

En el cas de materials heterogenis com el formigó o la fusta, es recomanen reixetes de mesurament més llargues. Una galga extensomètrica llarga pot compensar la falta d'homogeneïtat de l'objecte d'assaig i permet obtenir la deformació real sota la reixeta.

Les reixetes de mesurament curtes són adequades per a detectar deformacions locals. Per tant resulten idònies per a determinar gradients de deformació, punts de tensió màxima i tensions similars.

- Segons la resistència elèctrica de la galga:

Les versions mes normals són les de 120, 350, 700 i 1000 ohms entre d'altres. L'elecció de l'una o l'altra resistència depèn de les limitacions de la tasca de mesurament.

Galgas extensomètricas de baja resistencia	Galgas extensomètricas de alta resistencia
+ Menor influencia de las interferencias electromagnéticas	+ Menor influencia de la resistencia eléctrica en los elementos de conexión (anillos rozantes, cables, etc.)
+ Menor influencia de los cambios en la resistencia de aislamiento	- "Mejores" antenas en caso de interferencias
- Mayores requisitos de potencia	- Mayor influencia de los cambios en la resistencia de aislamiento
- Mayor autocalentamiento debido a un flujo de corriente más alto en comparación con las galgas extensomètricas de alta resistencia	

5. Instal·lació de galgues extensomètriques.

- Primer de tot tindrem en compte el material on s'està instal·lant la galga. Segons el tipus de material haurem d'instal·lar-la amb uns materials o uns altres, així com prepararem la superfície d'una manera o un altre. Gracies a grans marques com HBM podem consultar un gran llistat de materials en els quals hi tenim com s'ha d'instal·lar i que no s'ha de fer.

<https://www.hbm.com/es/7116/como-preparar-material-para-instalar-galgas-extensometricas/>

Hormigón					
Plásticos reforzados con fibra de vidrio					
Plásticos reforzados con fibra de vidrio (Pulse aquí para más información)	Tratamiento previo	Limpieza	Imprimación	Adhesivo	Notas
Plásticos reforzados con fibra de carbono (CRP)	Lijar con tela de esmeril grano 220-300 o tratamiento de plasma con oxígeno.	Agua jabonosa ¹⁾ , aclarar con agua desionizada.	-	Z70, X60, X280 dependiendo de la resina EP150, EP310N	No dañar las fibras de carbono al lijar. No limpiar con disolventes orgánicos.
Plásticos reforzados con fibra de vidrio (GRP)	Lijar con tela de esmeril grano 220-300 o tratamiento de plasma con oxígeno.	Agua jabonosa ¹⁾ , aclarar con agua desionizada.	-	Z70, X60, X280 dependiendo de la resina EP150, EP310N	No dañar las fibras de vidrio al lijar. No limpiar con disolventes orgánicos.
Vidrio					
Plásticos					
Caucho					
Madera					

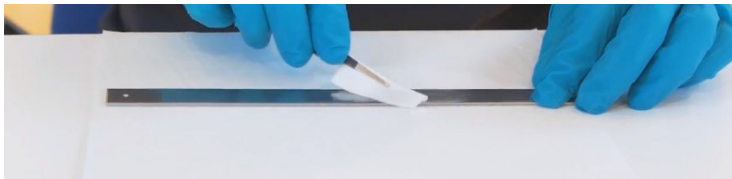
¹⁾ Los jabones utilizados no deben contener siliconas

- Materials necessaris per l'instal·lació de les galgues:

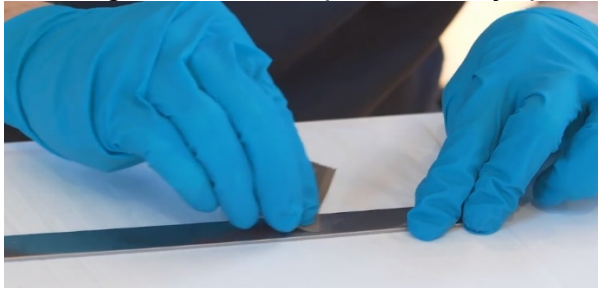
1. Netejador de superfícies tenint en compte la taula mostrada anteriorment per utilitzar els productes correctament.
2. Paper de lija per preparar la superfície depenen de si la superfície es llista o rugosa. S'ha de tindre en compte que si la superfície es rugosa la mesura no serà precisa.
3. Cinta per cobrir la galga i adherir-la al material a mesurar. També es poden soldar a la superfície per evitar que es desenganxin.
4. Cola per protegir la galga
5. Paper de fluoropolímer per col·locar la cola en la galga.
6. Bisturís o tisoires.
7. Pasta per cobrir els cables conductors per evitar que es trenquin degut al esforç i variïn la mesura.

- Com instal·lar la galga:

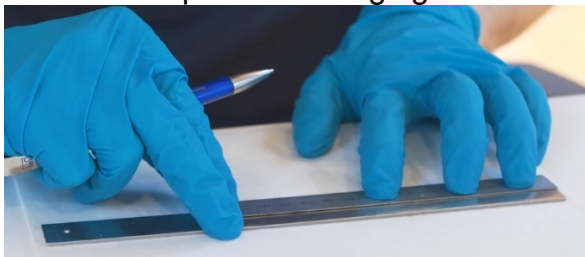
1. Primer de tot es neteja la superfície a col·locar la galga amb els productes necessaris depenen de la superfície.



2. Una vegada neta la superfície es lija per facilitar la adhesió.



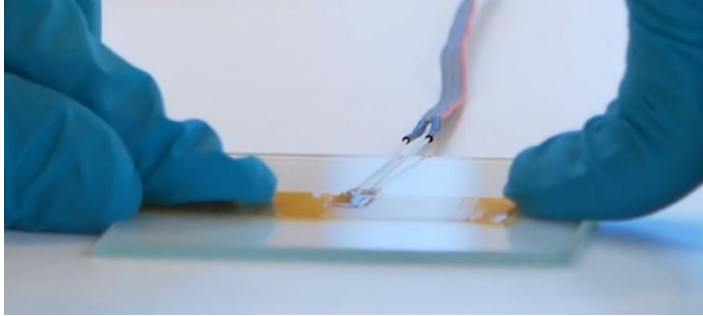
3. Es marca la posició de la galga.



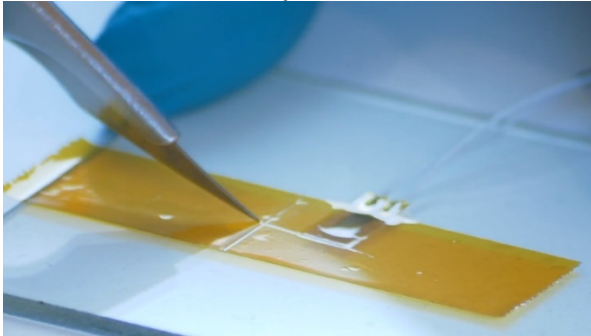
4. Es torna a netejar la superfície amb els productes per evitar que els residus en la superfície.



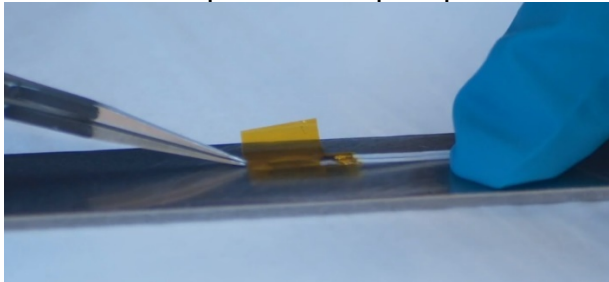
5. Una vegada preparada la superfície es prepara la galga, amb els cables ja col·locats als terminals de la galga es col·loca la cinta en una superfície on es pugi retirar còmodament. (La superfície ha d'estar prèviament netejada).



6. Una vegada col·locada la cinta es retalla amb un bisturí per adaptar-la correctament a la mesura de la superfície on es col·locarà la galga.



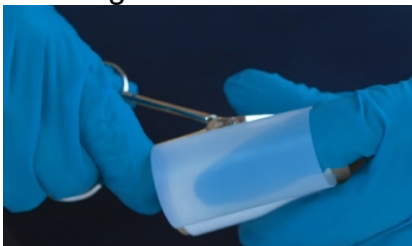
7. Es posiciona la galga amb la cinta ja retallada en la superfície on es farà la mesura. Tenint en compte les marques per tenir una mesura correcta.



8. Es prepara la superfície tapant la amb cinta per el costat de la galga deixant un petit marge. Això es fa perquè no s'engoli tota la superfície al aplicar la cola.



9. Una vegada col·locada en la posició es retalla un tros de paper de flouropolimer.



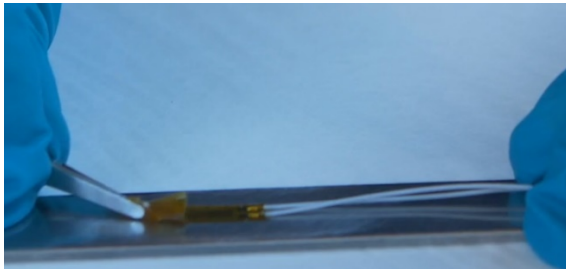
10. S'aplica la cola especial sobre la galga.



11. Amb la cola ja aplicada es fa pressió durant un minut amb el paper de flouropolimer. Una vegada adherida es llença el paper.



12. Es retira la cinta del costat de la galga.



13. Per protegir el cable conductor connectat a la galga i que no modifiqui la seva mesura al deformar-se el material es col·loca una pasta per poder fixar el cable a la superfície i no modifiqui la mesura.



- Soldar o adherir una galga?

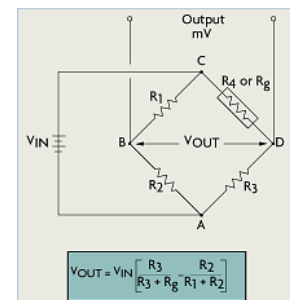
Existeixen dues tècniques principals per a instal·lar galgues extensomètriques: soldar-les i pegar-les amb adhesiu. El primer d'aquests mètodes consisteix a unir una galga extensomètrica soldable a una superfície metàl·lica amb un soldador per punts de resistència. L'altra opció és instal·lar les galgues extensomètriques pegant-les amb un adhesiu industrial. Ventatjes i desventajes de soldar o adherir una galga:

Ventajas de la soldadura	Ventajas del pegado con adhesivo
Aplicaciones a bajas temperaturas en las que no se pueden utilizar la mayoría de adhesivos porque el entorno no favorece la polimerización (por ejemplo, en oleoductos).	Los adhesivos rápidos (de curado en frío) aceleran y simplifican la instalación.
Baja sensibilidad a la humedad durante la instalación de la galga extensométrica (entornos difíciles).*	Flexibilidad de instalación en superficies complicadas (como superficies radiales o espacios de pequeñas dimensiones).
Para aplicaciones a largo plazo en entornos adversos.	Se encuentran disponibles numerosas variantes de galgas extensométricas.
	No se requiere una máquina de soldadura (más económico en aplicaciones estándar).

* Es recomendable proteger la galga extensométrica después de la instalación, porque los puntos de soldadura pueden verse afectados por la corrosión.

6. Tractament de la senyal

Per a tractar la variació de voltatge, s'utilitza un pont de Wheatstone, que està format per quatre resistències (Normalment 4 galgues) unides en un cercle tancat, i una d'elles és la resistència sota mesura. El pont de Wheatstone pot operar en corrent continu i altern, permetent les mesures de diferents resistències. La sensibilitat d'aquest element depèn de com està compost. D'aquesta manera, és possible mesurar resistències desconegudes mitjançant l'equilibri dels braços del pont.



No obstant això, aquest mètode pot tenir uns certs errors en el seu mesurament, a causa d'aspectes com els següents:

- Sensibilitat insuficient
- Els canvis en la temperatura afecten les resistències i poden generar canvis bruscos en els valors de les resistències.

La forma més comuna per a obtenir un senyal elèctric com a resultat d'una mesura utilitzant el pont de Wheatstone és mitjançant el mètode de deflexió. Aquest mètode, en comptes de valorar l'equilibri del pont, el que fa és mesurar la diferència de tensió entre totes dues branques o el corrent a través d'un detector col·locat al braç central.

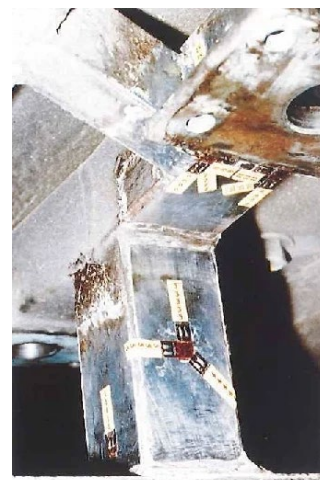
Per a poder utilitzar el pont de Wheatstone amb les galgues cal tenir uns certs aspectes en compte, com per exemple, el cablejat del pont. Moltes vegades, la galga i el pont no estan situats en un mateix lloc: per tant les resistències i els canvis de temperatura dels cables poden afectar els resultats llançats. Per a evitar això és necessari equilibrar i calibrar el pont. Aquest procediment consisteix en el fet que no pot haver-hi tensió a la sortida del pont i ha de fer-se el calibratge adequadament, comprovant que el pont de Wheatstone està llançant correctament els resultats.

7. Com ho utilitzem?

Les galgues s'utilitzen per al mesurament electrònic de diferents magnituds mecàniques com ara la pressió, la càrrega, la deformació, el torque, entre altres. Aquests mesuraments poden catalogar-se en mixtes, dinàmiques i estàtiques. Les mixtes s'usen per a elements sotmesos a càrregues que estan variant, les dinàmiques a elements que vibren o són impactats i les estàtiques, com el seu mateix nom indica, són elements sotmesos a càrregues que no estan en moviment.

Antigament s'usaven les galgues metàl·liques i la seva estructura era de metall. En l'actualitat és més comuna usar les galgues semiconductores, perquè tenen la capacitat de suportar major resistència, sobretot perquè aquest tipus de galga posseeix una millor sensibilitat en comparar-les amb les metàl·liques, encara que aquestes últimes tenen menor sensibilitat tèrmica. Els preus varien segons els materials que es desitgen usar ja que l'obtenció d'alguns és molt complicada.

Aquest sistema de mesurament és molt usat en construcció per a veure els assentaments que té el formigó al següent mes de ser construït. També s'utilitza per a fer un seguiment a la deformació que pugui sofrir un pont i així evitar que arribi al col·lapse sense notar el problema. També es poden utilitzar per comprovar les vibracions dels rodaments o mesurar la deformació de les plaques d'un avió.



Si tenim una superfície la qual coneixem el seu esforç i la seva deformació col·locant varies galgues de mesura es podria dir que tindríem una cèl·lula de carga, ja que amb la relació de deformació del material a mesurar i la relació de les galgues podem obtenir una mesura exacte de la mesura.



Normalment per poder aconseguir una mesura més precisa es col·loquen moltes galgues en la superfície a mesurar per poder obtenir més informació de la deformació, la direcció de la força aplicada, la seva torsió etc... Amb més d'una galga de diferent reixeta que mesurin en diferents direccions aconseguirem més informació la qual amb un correcte calibratge del circuit i de les galgues podrem determinar totes les característiques esmentades anteriorment.

