

## ТРЕТА ЧАСТ

### ИЗМЕРВАНЕ НА МЕХАНИЧНИ ВЕЛИЧИНИ

#### ПЪРВА ГЛАВА

##### 3.1. Измерване на деформации.

Измерването на деформации се свежда, по същество, до измерването на линейни размери, в определен участък от машинната част, върху която действа статичен или динамичен товар.

При положение, че деформацията е в еластичната област, т.е, в сила е законът на Хук, лесно може да се определи механичното напрежение, ако е известен модулът на еластичност.

Приборите, които се използват за измерване на деформации, се наричат тензометри, а науката, която се занимава с тази област на техниката се нарича тензометрия. Тензометрите могат да се класифицират в две групи:

- а/ Тензометри за измерване на динамични деформации;
- б/ Тензометри за измерване на статични деформации.

При тензометрите за динамични измервания е необходимо устройството за регистриране на деформациите, докато при тензометрите за статични измервания е достатъчно да има устройство за отчитане на деформациите. Тензометрите за динамични деформации могат да се използват за измерване и на статични, но тези за статични деформации не могат да се използват за измерване на динамични.

Според принципа си на действие тензометрите биват: механични, пневматични, оптични, електрични, комбинирани и акустични.

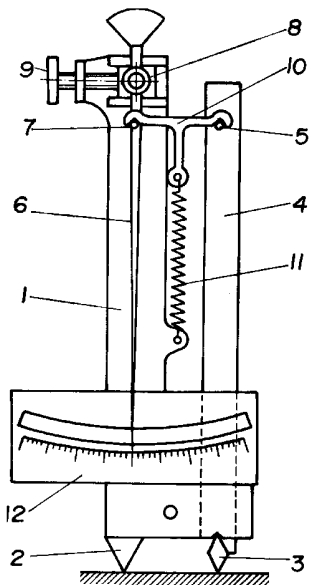
##### 3.1.1. Измерване на деформации с механични тензометри,

Тензометрите, работещи на механичен принцип, играят особено важна роля при измерването на статични деформации, при които инерционността на прибора не играе роля. Механичните тензометри с успех могат да се използват и за измерване на динамични деформации със задоволителна за практиката точност.

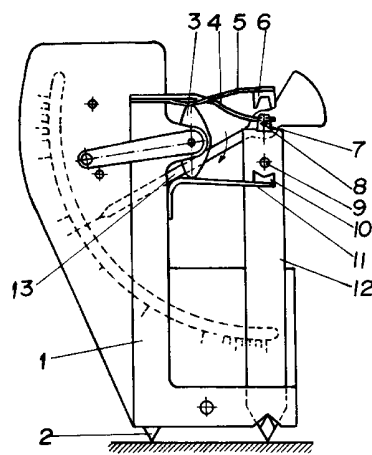
Най-голямо приложение са намерили механичните тензометри на фирмата Гутенбергер. Главното предимство на тези тензометри се явява малката сила, необходима за въздействие върху механичната им система.

На Фиг.3.1.1. е показан модел на механичен тензометър с база 20 mm характеризиращ се с малката си база. Корпусът на тензометъра 1 в долната си част завършва с две призми, неподвижна 2 и подвижна 3. Подвижната призма се явява един от краищата на двураменния лост 4, върху който е монтиран щифта 5.

Стрелката на тензометъра 6 е закрепена шарнирно и се движи пред огледална скала 12. Лостът 4 и стрелката 6 са свързани чрез траверсата 10, лежаща върху щифтовете 5 и 7 и притискана от пружината 11. Стрелката на тензометъра може да се нулира чрез преместване на лагера 8 с помощта на винта 9. Всички съединения на лостовия механизъм са изпълнени чрез призми, което осигурява висока точност на измерването. Тензометърът се закрепва върху повърхността на машинните части с помощта на специални скоби. Увеличението на тензометъра е приблизително 2000 пъти, а габаритните му размери 175 x 48 x 12 mm.



Фиг.3.1.1. Механичен тензометър с база 20 mm

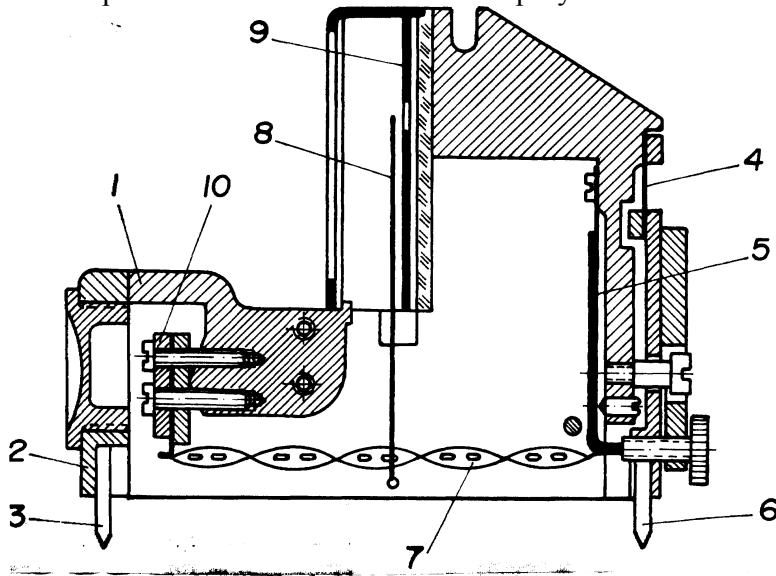


Фиг.3.1.2. Механичен тензометър

В някои случаи при измерване на деформации с по-малка чувствителност се използва механичният тензометър, показан на фиг.3.1.2. Той се състои от корпус 1, неподвижна призма 2 и подвижна призма 12, която се явява един от краищата на двураменния лост. Подвижната призма е закрепена шарнирно и се колебае около опората 8, стрелката 13 също е закрепена в шарнирната опора 8 и се колебае пред огледална скала. Преди всяко измерване стрелката се нулира, чрез планката 3, опората 10 и плоската пружина 11. За точното установяване на измерителната стрелка в изходно положение способствуват пружината 5 и опората 6. Увеличението на прибора е около 600 пъти, а габаритите му са 80 x 30 x 15 mm. Точността при нормални условия на измерване е  $\pm 0.6 \mu\text{m}$ .

Интересен принцип на измерване е заложен в механичният тензометър, разработен от Йохансон /фиг.3.1.3/. Върху корпуса 1 е закрепена пластинката 2 с неподвижната призма 3 и плоската пружина 7, за която шарнирно е окачена подвижната призма 6. Към подвижната призма е притисната еластичната пластина 5, която се използва за установяване на тензометъра в изходно положение. Увеличаване на измерваното преместване се постига с помощта на металната лента 7 с правоъгълно сечение. Лявата половина, спрямо стрелката 8 е усукана в една

посока, а дясната в друга. Ако лявата половина е усукана по часовниковата стрелка, дясната половина е усукана в посока обратна на часовниковата стрелка. Единият край на лентата е свързан с конзолата 10 и корпуса, а другият край на лентата - с лоста 5 и подвижната призма 6. При възникване на деформация, подвижната призма се премества и лентата се опъва. В резултат на което в нея се



Фиг.3.1.3.  
Механичен  
тензометър на  
Йохансон

поражда стремеж към разсукване. Стрелката се отклонява на ъгъл пропорционален на измерваната деформация, която се отчита чрез скалата 9. Увеличението на тензометъра зависи от сечението на лентата и броя на засукванията. В практиката се използват тензометри с увеличение 100, 200, 1000 и 5000 пъти, които се подбират в зависимост от измерваната деформация.

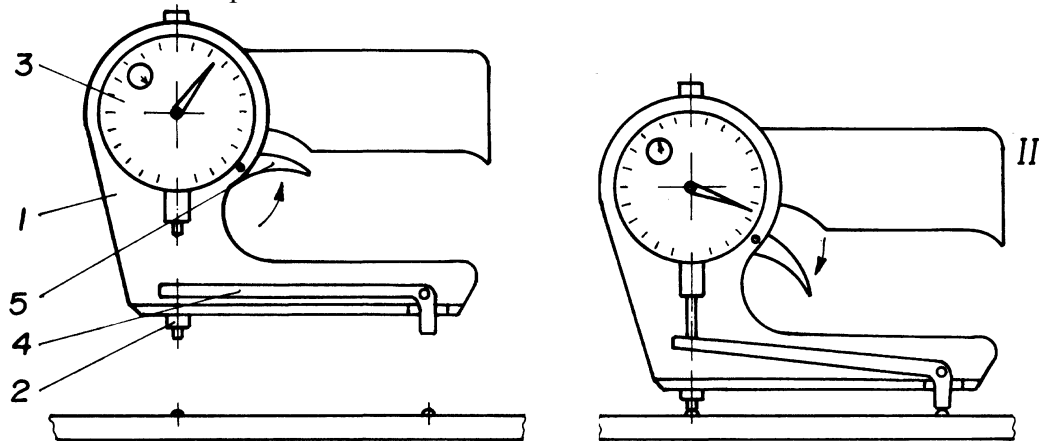
В случаите, когато се контролира деформационното състояние на машинните части /за по-продължителен период/ е удобно да се използват незакрепващи се тензометри /фиг.3.1.4/. Върху корпуса на тензометъра 1 неподвижно е закрепена опората 2, а шарнирно е монтирана подвижната опора 4. Преместването на подвижната опора предизвиква увеличение на измерваната деформация около 5 пъти. Отчитането на деформацията става чрез стрелковия индикатор 3. На фиг. 5.1.4 а е показано неработното положение на индикатора, при което лостът 5 е в горно положение, а измерителния накрайник на тензометъра е вдигнат и предпазен от недопустими натоварвания. В положение "д" лостът 5 е в долно положение /работно/ и измерителния накрайник е допрял до подвижната опора.

Базата на тензометъра може да се изменя от 20 до 100 mm. Погрешността на измерването на превишава  $\pm 1 \mu m$  като усилието за задействуване на механичката система е минимално, което позволява използването на тензометъра за слабо деформиращи се материали, като пластмаса, картони и др.

Механичните тензометри, които се използват за измерване на динамично изменящи се деформации, се закрепват върху изследваните метални повърхности.

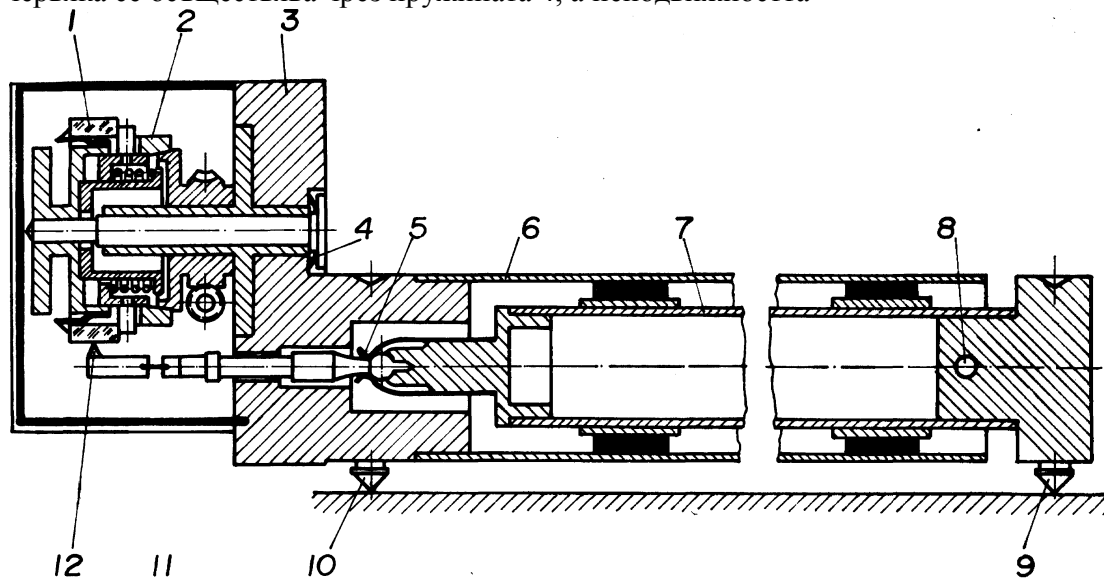
Към тези тензометри се поставят следните изисквания: малко тегло и инертност на пишещото устройство, висока точност и надеждност при работа.

Една нормална конструкция на самопишещ механичен тензометър е показана на Фиг. 3.1.5. Върху Корпуса 3, изпълнен чрез тръбата 6, са разположени по две неподвижни опори 10 и две подвижни 9.



Фиг.3.1.4. Незакрепващ се тензометър.

Опорите се закрепват върху изследваните повърхности, ограничавайки по този начин базата на тензометъра на 200 mm. Единият край на вътрешната тръба 7 е свързан чрез шарнира 5 с пишеща елмазена игла. Иглата изписва измерваната величина в естествена големина върху цилиндъра 1, задвижван от барабана 2, цилиндърът и барабанът могат да се завъртат на 360°. Барабанът 2 се задвижва от електромотор и двускоростен червячен редуктор 11. Връзката между барабана и червяка се осъществява чрез пружината 4, а неподвижността



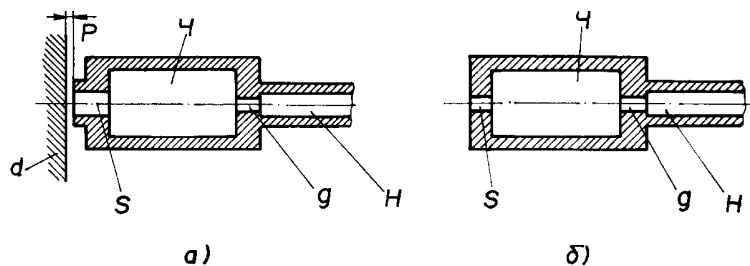
Фиг.3.1.5. Самопишещ механичен тензометър.

между тръбите 6 и 7 се осигурява чрез щифовата връзка 8. Вътрешната тръба на тензометъра трябва да има топлинно разширение еднакво с топлинното разширение на изследваната повърхност. Във връзка с това тръбата се прави сменяема, което способствува за увеличаване на точността.

### 3.1.2. Измерване на деформации с пневматични тензометри.

Пневматичните тензометри са първите преобразуватели, които са използвани за измерване на деформации. Принципът на действие на пневматичните преобразуватели, се заключава в изменение на налягането в специални камери при пропускане на сгъстен въздух /Фиг. 3.1.6/. Ако дюзите S и G са включени последователно, то при пропускане през входното отворстие на сгъстен въздух в камерата между дюзите ще се установи следното налягане

$$h = \frac{H}{1 + G^2}, \quad 3.1.1$$



фиг.3.1.6. Пневматичен тензометър

Където G и S са проходните сечения на двете дюзи; H - работно налягане.

Пред изходната дюза S се поставя на разстояние 0.003 mm пластинката p. Тя създава допълнително съпротивление на изтичащия през отвора S въздух.

Пластинката се свързва със системата, чиито деформации ще се контролират и по промяната на налягането в камерата се съди за големината на измервана деформация.

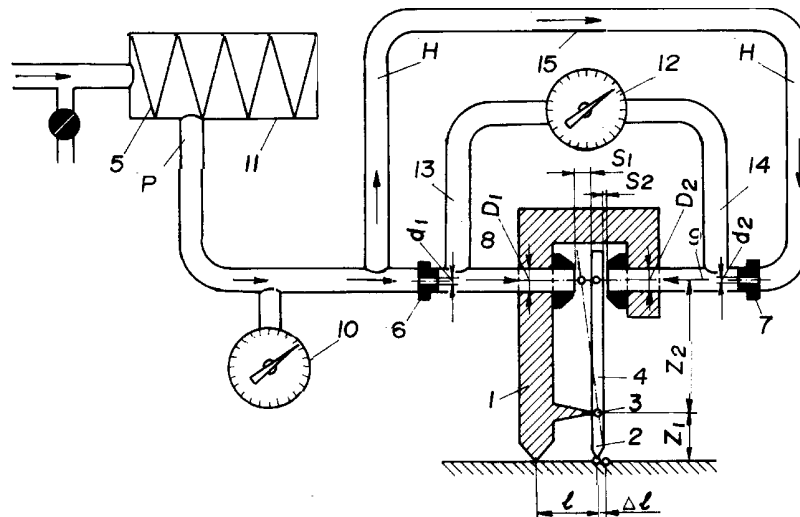
Разгледаният пневматичен тензометър се нарича преобразувател "Солекс" като дюзата 5 е измерителна, а дюзата 6 - главна.

За осъществяване на пневматично преобразуване на измерваната деформация, трябва да са изпълнени следните условия: измерителната дюза да е сменяема, като проходното ѝ сечение да се подбира в зависимост от измерваната величина; към дюзата да има регулатор, поддържащ постоянно работно налягане; монтиран към камерата показващ прибор за измерване на налягането в нея.

Пневматичните прибори тип "Солекс" притежават следните по-важни недостатъци; нелинейност на характеристиката; неудобна конструкция за контрол и регулиране на работното налягане; влияние на околната температура върху точността на резултатите.

Във връзка с това е разработен пневматичен тензометър диференциален тип с чувствителен манометър за отчитане на измененията в работното налягане.

Принципът на действие на пневматичен тензометър диференциален тип е показан на Фиг. 5.1.7. Към камерата 11, запълнена с филтъра 5 се подава сгъстен въздух с постоянно налягане, отчитано чрез манометъра 10. Въздухът от камерата преминава през двете главни дюзи 6 и 7, постъпва в камерите 8 и 9 и през измерителните дюзи  $S_1$  и  $S_2$  излиза в атмосферата. Между измерителните дюзи се намира пластинката 4, която представлява подвижния измерителен накрайник на тензометъра.



Фиг.3.1.7. Пневматичен тензометър, диференциален тип.

Под действието на измерваната деформация, пластинката се колебае около шарнирната си опора 3. При нормално състояние, т.е. средно положение на пластинката, хидравличното съпротивление между двете дюзи е еднакво, а наляганията  $h_1$  и  $h_1$  в камерите 8 и 9 са също еднакви. При преместването на пластинката в резултат на възникналата деформация, хидравличното съпротивление на една от дюзите се намалява, а хидравличното съпротивление на другата дюза се увеличава, което предизвиква изменение на налягането в камерите 8 и 9. Разликата в наляганията  $\Delta h = h_2 - h_1$  се отчита чрез диференциалния манометър. Към диференциалния тензометър е монтиран и неподвижен измерителен накрайник 1, като разстоянието между двата накрайника определя базата на преобразувателя. Връзката между отделните камери и диференциалния манометър се осъществява чрез тръбопроводите 15, 13 и 14.

Линейната част на работната характеристика на диференциалния тензометър е около два пъти по-голяма в сравнение с обикновените тензометри. Тази конструкция тензометри увеличава измерваната деформация около 200 000 пъти.

Пневматичният тензометър диференциален тип значително превъзхожда останалите конструкции тензометри по отношение на точност, чувствителност и възможност за измерване на деформации върху малка база /от порядъка на 1-2 mm/ Към недостатъците на пневматичния тензометър се отнася зависимостта на точността от източника на сгъстен въздух.

### 3.1.3. Оптични тензометри.

Оптичните тензометри са разработени на базата на светлинните явления. В зависимост от предназначението си, те биват две групи: тензометри за измерване на статични деформации и тензометри за измерване на динамични деформации.

#### А. Тензометри за измерване на статични деформации

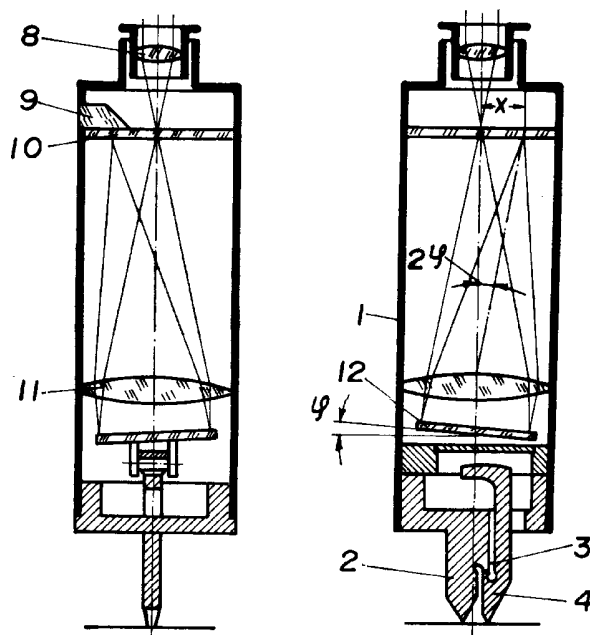
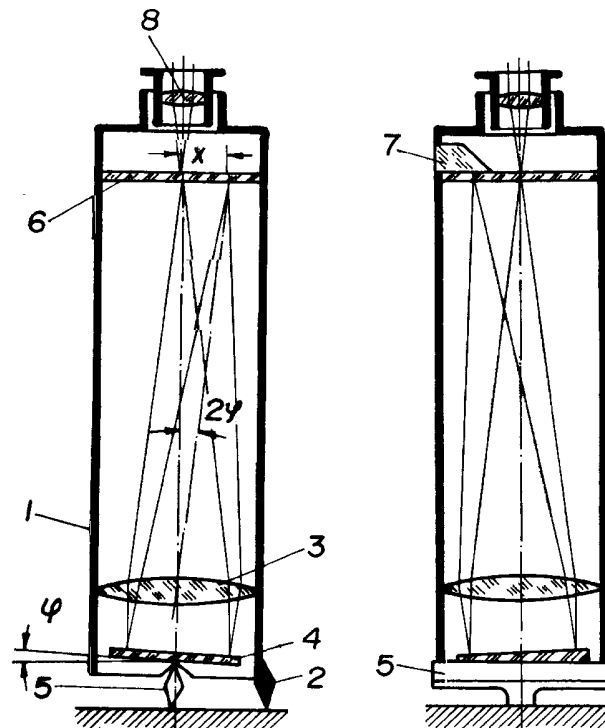
В оптичните тензометри за измерване на статични деформации се постига висока чувствителност при малка база. Най-голямо разпространение в техническите измервания са намерили тензометрите с огледална система на отчитане.

Принципната схема на оптичен тензометър за измерване на статични деформации е показан на Фиг.3.1.8 а,б. Върху корпуса 1 неподвижно е закрепена призмата 2, а вътре в корпуса са монтирани обектива 3, скалата 6, окуляр 8 и отвора за осветяване на скалата.

Подвижното огледало 4 е закрепено върху подвижната опора 5. При възникване на деформационни явления, призмата 5 се измества, като променя положението на огледалото 4 в пространството. Промяната на ъгъла  $\phi$  изменя ъгъла на пречупване на светлината и по скалата /Фиг.5.1.8 б/ се отчита големината на деформацията. Увеличението при тази конструкция тензометри е 1250 пъти. Силата на притискане на тензометъра към изследваните повърхности е от порядъка на 30 N . Грешката на измерване при нормални условия е  $\pm 0,3 \mu m$ .

При малка база на тензометъра, пропорционално се намаляват и габаритите на тензометъра, но това не бива да става за сметка на чувствителността на уреда. Тези изисквания се удовлетворяват при използване на устройство за допълнително механично увеличение.

Такъв тензометър с база 5 mm е показан на фиг.3.1.9. Корпусът на тензометъра 1 е изработен като зрителна тръба, долния край на която завършва с неподвижната призма 2. Чрез шарнира 3 неподвижната призма се свързва с подвижната призма 4 и лоста 5. Към лоста 5 с определена сила, предизвикана от пружината 6 се притиска вала 7 и огледалцето 12.



При преместване на подвижната призма 4, вала 7 започва да се колебае по повърхността на лоста 7, променяйки по този начин положението на огледалото. В корпуса на тензометъра са поместени: обектива 11, скалата 10, призмата за осветяване 9 и окуляра 8. Общата височина на прибора е 120 mm, а теглото му е 73g. Увеличението на тензометъра 4170 пъти. Силата на притискане към

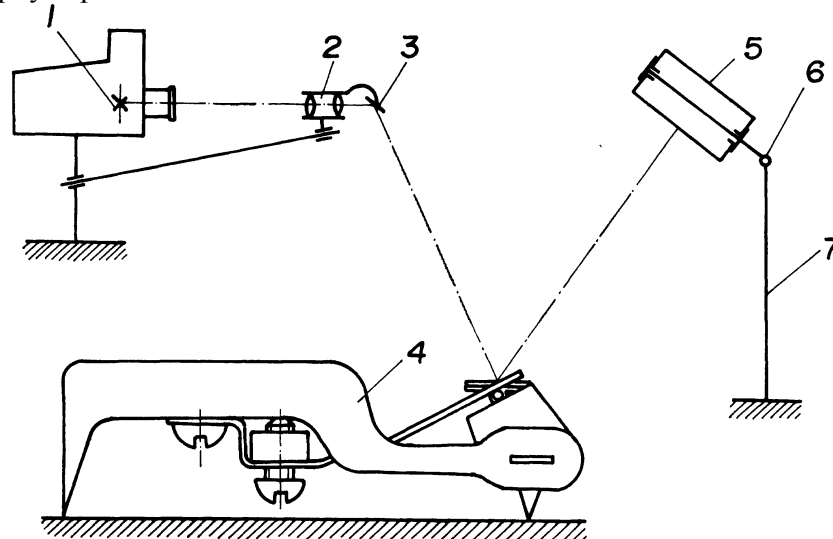


изследваните повърхности е около 20 N . Грешката при измерване в нормални условия не превишава  $\pm 0.2 \mu\text{m}$  . Разработени са аналогични конструкции с база 1 mm и тегло 43 g . Увеличението е 12500 пъти, а погрешността не превишава  $\pm 0.1 \mu\text{m}$ .

### Б. Тензометри за измерване на динамични деформации

Преимуществата на оптичното увеличение за измерване и регистриране на динамично изменящи се деформации са очевидни, като по-важните от тях са: висока точност, малка инертност, слабо влияние върху точността на промените в околната температура, малка маса, ограничени габарити и др.

Принципната схема на оптичен тензометър за измерване на динамични деформации е показан на фиг. 3.1.10. От източника на светлина 1 през система от лещи 2 върху отражателното огледало постъпват



Фиг. 3.1.10. Оптичен тензометър за измерване на динамични деформации.

светлинни лъчи. От огледалото 3 лъчите постъпват върху подвижното огледало на тензометъра 4, отразяват се и попадат върху фотографската лента 5. Лентата се привежда в движение от барабан и електродвигател. Барабанът с лентата е монтиран върху вал, закрепен шарнирно в точката 6 и стойката 7. Положението на барабана в пространството може да се изменя чрез шарнира и стойката, с оглед получаването на добра осветеност. Тензометърът 4 се закрепва здраво върху металната повърхност, чиято деформация се контролира с помощта на подходящи приспособления. Базата на тензометъра е 15-20, а точността му е  $\pm 0.1 \mu\text{m}$ .

#### 3.1.4. Струнни тензометри.

Собствената честота на опънатата струна при възникване на напречни колебания по дължината може да се определи по формулата

$$f = \frac{\pi}{2l} \sqrt{\frac{G}{\rho}} \quad , 3.1.2$$

където  $f$  е собствената честота на струната;  $l$  - дължината на струната;  $G$  - механично напрежение на опън;  $\rho$  - плътност на материала на струната.

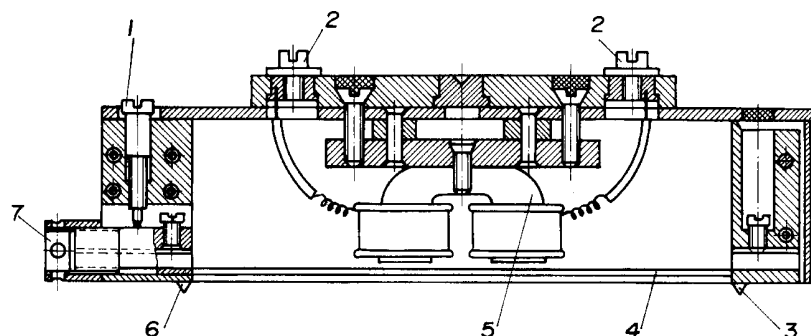
Ако единият край на струната се закрепил върху изследваната машинна част, при възникване на деформации в материала, тези деформации, под формата на линейни удължения, ще се възприемат от струната. Така деформациите на материала ще предизвикат изменения в собствената честота на струната.

Важна особеност при измерването на деформации с помощта на струнни тензометри се заключава в това, че при този метод не амплитудата, не фазата, а собствената честота се използва за измерване, което изключва възможността от изкривяване на резултатите на измерването при пренасянето им от преобразувателя към регистриращия прибор. Тези особености позволяват да се провеждат измервания на големи разстояния, до няколко километра, тъй като честотата на колебание на струната остава неизменна, независимо от измененията в амплитудата на колебателния процес.

Струнните тензометри работят по следния принцип. Измерваната деформация се предава на стоманена струна, предварително опъната с определена сила. Възприеманият процес предизвиква изменения в собствената честота на струната. Възбудените механични колебания на струната предизвикват токови импулси в намиращия се в близост електромагнит. Честотата на индуцираният в намотките на електромагнита ток се сравнява с честотата на втората струна, в която се предизвикват, от оператора колебания. Описаната система позволява да се определят собствените колебания на измерителната струна и относителното удължение, които са пропорционални на измерваната деформация.

На фиг. 3.1.11. е показана конструктивната схема на обикновен струнен тензометър с база 100 mm. Корпусът на тензометъра е изработен като рамка, в която между подвижната 3 и неподвижната 6 призма с определена сила е опъната струната 4. След закрепването на тензометъра върху изследваната Конструкция, страната се опъва чрез винтовете 1 и 7 до получаването на зададената собствена честота. В непосредствена близост до струната се намира електромагнита 5, използван за пренасяне на механичните колебания до измерителните уреди.

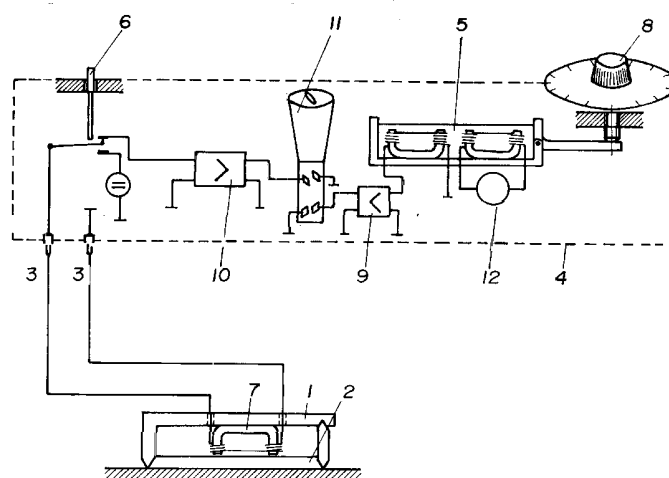
На фиг. 3.1.12. е показана електрическата схема, използвана в измерителното устройство на струнния тензометър. В датчика 1, закрепен върху изследваната конструкция, има опъната измерителна струна. Чрез проводниците 3, датчикът се свързва с измерителното устройство 4. В измерителното устройство има втора струна 5, извършваща незатихващи трептения, породени от генератора 12.



Фиг. 3.1.11. Струнен тензометър.

Честотата на трептения на струната 5 може да се изменя чрез превключвателя 8, а принудителните трептения на измерителната струна се подават чрез бутон 6 и електромагнита 7.

Сравняването на трептенията на двете струни се извършва по оптикоелектрически път. За тази цел променливите напрежения от електромагнитите на двете струни се подават към усилвателите 9 и 10, а след това към отклоняващите пластини на електроннолъчевата тръба 11. Върху екрана се появяват така наречените фигури на Лисаж в тръба или друг вид. Съвпадението по фаза, на сравняваните по честота напрежения няма никакво значение.



Фиг. 3.1.12. Измерително устройство за струнен тензометър

Единственото изискване се заключава в това да се регулира напрежението на контролната струна така, че нейните трептения да съвпадат с честотата на трептенията на измерителната струна. При съвпадение на двете честоти върху екрана на тръбата, подвижните фигури на Лисаж се превръщат в елипси, съвпадащи по форма.

Превключвателя на измерителния прибор има 10 позиции, позволяващи последователно провеждане на измервания в 10 точки с помощта на тензометри,

закрепени в тези точки. При една позиция на превключвателя, честотата на колебание на контролната струна се използва за нулиране. За тази цел честотата на трептене на струната, при определени показания на скалата на прибора, се сравнява с образцов честотмер. Ако честотата на контролната струна се е отклонила от нормата, то напрежението на струната се регулира с помощта на микрометричен винт, докато се получи пълно съвпадение на честотите. Този метод позволява да се изследват деформации за дълъг период от време при спазване на две основни изисквания: сигурно закрепване върху конструкциите и проверка на честотата на контролната струна преди всяко измерване.

Струнните тензометри са намерили приложение главно за контрол на статични деформации. Освен за измерване на деформации в метални конструкции те се използват и в железобетонни - за контрол на мостове, виадукти и др.

### 3.1.5. Електрически тензометри.

В техническите измервания се използват основно два типа електрически тензометри: индуктивни тензометри и тензосъпротивителни преобразуватели.

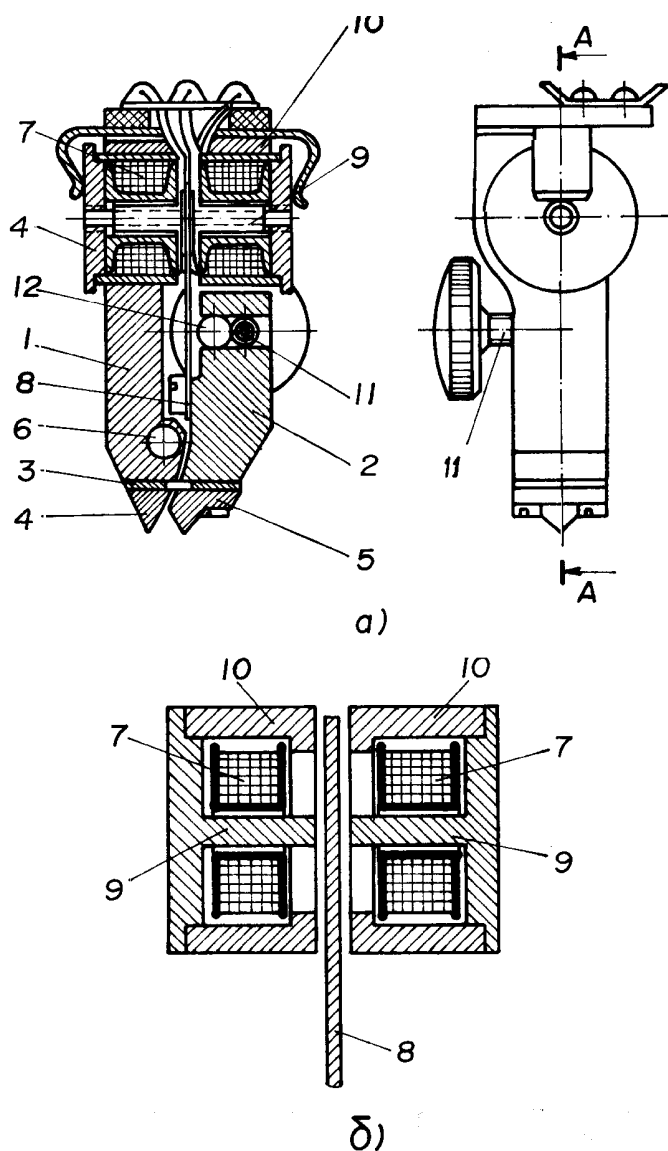
Индуктивните тензометри са разработени въз основа на индуктивните преобразуватели и притежават всички техни предимства и недостатъци.

На фиг. 3.1.13. е показано устройството на индуктивен тензометър. Преобразувателят се състои от два измерителни лоста 1 и 2, свързани чрез плоската пружина 3. Работните краища на лостовете съответно 4 и 5 са с ножово изпълнение, и се допират до повърхността на машинната част, чиято деформация се контролира. Чрез отворието 6 преобразувателя се закрепва към машинната част. Върху лоста са монтирани индуктивните бобини 7, а върху лоста 2 е закрепена котвата 8, горният край на която е разположен между сърцевините 9. Магнитната бобина на индуктивната бобина е показана на фиг. 3.1.13 б. Сърцевината 9 и бобините 7 са поместени в корпуса 10.

При взаимно преместване на свободните краища 4 и 5, котвата 8 също се премества между сърцевината на бобините, като се отдалечава от едната и се приближава към другата. По такъв начин този преобразувател работи като диференциално индуктивен.

За установяване на котвата в неутрално положение, се използва механизма, състоящ се от винта 11 и полусферичната гайка 12. Това устройство притиска котвата и променя нейното положение в пространството.

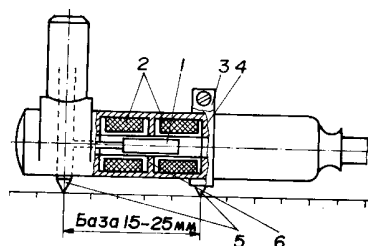
Индуктивните тензометри усилват деформациите от 300 до 2000 пъти.



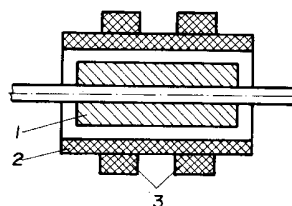
Фиг.3.1.13.  
Индуктивен  
тензометър

Използват се за контрол на деформационното състояние на едрогабаритните машинни части. Трудно се закрепват върху металните повърхности, но веднъж закрепени, те показват сигурна работа за продължителен период от време.

Друга конструкция тензometri е показана на фиг. 3.1.14. Характерно за нея е наличието на преградата 6, от феромагнитен материал, способстваща за благоприятно разпределение на магнитния поток и значително повишаване на чувствителността. Тензометърът се състои от котва 1, индуктивни бобини 2, подвижен накрайник 3, корпус 4 и измерителни накрайници 5. Базата на тензометъра е 25 mm, но може да се изменя чрез подвижния накрайник в интервала от 15 до 200 mm.



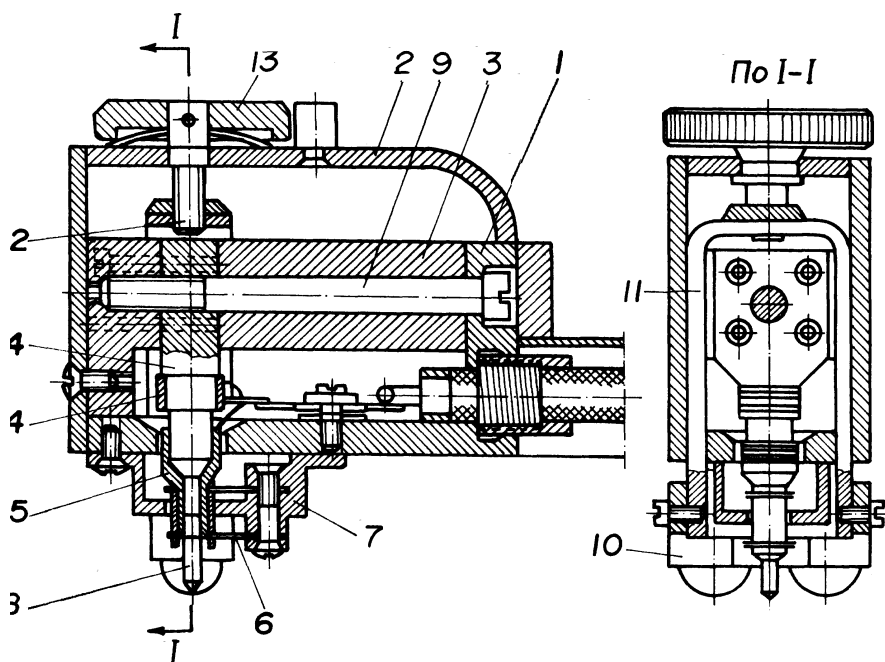
фиг. 3.1.14 Индуктивен тензометър



Фиг. 3.1.15 Индуктивен тензометър

В предложения от фирмата "Филипс" тензометър /фиг. 3.1.15/ е използван друг принцип за измерване, основаващ се на изменение на индуктивната връзка между отделните бобини. Котвата 1 на тензометъра се измества осево в корпус от не магнитен материал, върху който са монтирани три бобини. Вътрешна 2, наречена още първична, захранвана с променлив ток с висока носеща честота и две външни 3, в които се индутира е.д.н., в зависимост от преместването на котвата. Зависимостта между преместването на котвата и индутираното е.д.н. е линейна за широк диапазон на преместване на базата.

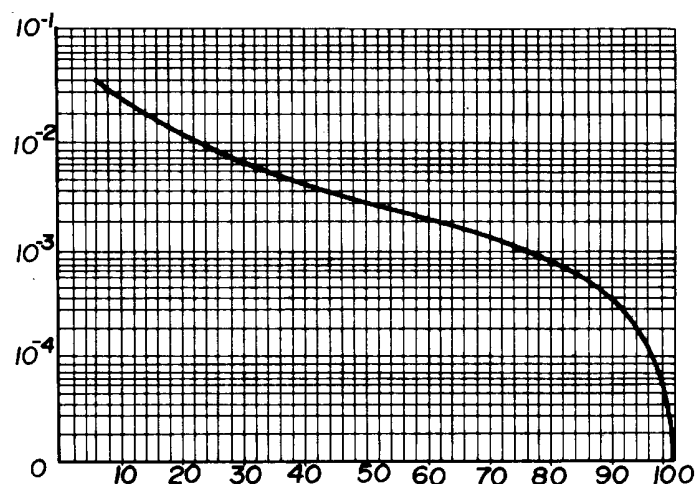
За измерване на големи деформации се използва тензометърът, показан на фиг. 3.1.16. Състои се от сърцевина 1, тяло 3, върху което е монтирана бобината 4, корпус 2 и устройство за закрепване на тензометъра 5. Тензометърът работи на принципа на изменение на коефициента на трансформация при изменение на въздушната междина.



Фиг. 3.1.16. Индуктивен тензометър за измерване на големи деформации.

С индуктивните тензометри се осъществяват точни измервания при тези условия на работа, висока влажност, колебание на околната температура, сътресения, вибрации и др. поради което те са подходящи за измервания в специфичните минни условия.

В глава втора са изложени основните свойства на тензосъпротивителните преобразуватели. Едно от най-големите приложения на тензосъпротивителните преобразуватели е за измерване и регистриране на деформации. При залепването на преобразувателя, върху металните повърхности, е необходимо да се отчита, че в местата на огъване на нишката не се възприема напълно измерваната деформация. По такъв начин преобразувателят притежава по-малка чувствителност на чувствителността на материала. Във връзка с тези обстоятелства, действителната чувствителност е значително по-ниска от тази на материала от който е изработена решетката на преобразувателя. На фиг.3.1.17 е показана приведената крива на чувствителността на тензопреобразувател, изработен от констан, с  $d = 0.03 \text{ mm}$ , във функция от базата.



фиг. 3.1.17. Характеристика на тензопреобразувател.

Тензопреобразувателите могат да се използват за измерване не само на еластични, но и на пластични деформации.

Електрическите методи на измерване заемат важно място при измерването на деформации. Те удовлетворяват повишените изисквания по отношение на точност и работа в трудни условия, както и с възможността да предават данните от измерванията по проводници на голямо разстояние.

### 3.1.6. Специални методи за измерване на деформации.

Специалните методи при измерването на деформации са намерили ограничено приложение. Използват се както за ориентировъчно определяне на деформационните явления, така и за прецизни измервания. Трябва да се има

предвид, че с помощта на някои от специалните методи може да се разделят двете деформации, пластичната от еластичната. Главно приложение в практиката са намерили следните специални методи за измерване на деформации.

1. Измерване на деформации с крехки лакови покрития. Този метод се осъществява чрез нанасяне върху повърхността на изследваната машинна част специален лак, който след изсъхване образува тънка и крехка покривка, здраво свързана с метала. При възникване на деформационни явления върху лаковата покривка се образуват пукнатини, по направлението и дължината на които може да се съди за деформационните явления. Направлението на вектора на главната деформация е разположен перпендикулярно на пукнатините, а честотата им определя динамичността на деформационния процес. Към лаковото покритие се поставят изисквания за достатъчно висока чувствителност, осигуряваща поява на пукнатини, при възникване на еластични деформации в образеца. Най-голямо приложение е намерило лаковото покритие, състоящо се от шеллак, който преди нанасяне в определено процентно съдържание се разтваря в спирт.

Лаковите покрития са пригодни за контрол на деформационните явления в стайна температура. Но в практиката се използват и специални смеси, разработени на базата на емайлите, които запазват еластичните си качества до 300°C.

Първоначално методът на крехките лакови покрития е използван за контрол на деформационните явления при статични товари. В последно време беше доказана възможността за използването на този метод и при изследване на остатъчни деформации и за определяне на деформации при динамични товари.

2. Рентгенов метод за измерване и контрол на деформационни явления.

При рентгеновия метод за измерване на механични деформации се използва явлението интерференция на рентгеновите лъчи, преминаващи през кристалната решетка на материала. Като първа предпоставка за осъществяване на рентгеновия метод е материалът, който ще се контролира, има кристална структура, т.е. методът е приложим само за метали. Рентгеновият метод се заключава в измерването на някой размер на кристалната решетка, който се деформира при натоварване.

Пластичните деформации не оказват влияние върху между атомните разстояния, поради което методът е подходящ само за измерване на еластични деформации. Това е единственият метод, разделящ двете деформации, докато всички известни методи определят сумарната ѝ стойност.

За осъществяването на рентгеновия метод са необходими големи капиталовложения и високо квалифицирани специалисти. Методът е подходящ за измервания в лабораторни условия при решаването на фундаментални въпроси.



3. Поляризационен метод за измерване на деформации. Основава се на свойството на някои прозрачни материали двойно да пречупват светлината, при еластична деформация. Поляризационно-оптичният метод се отнася към методите за моделиране и се заключава в използването на еластично-оптичния ефект за измерване на механични деформации в модел от прозрачен материал, геометрически подобна на изследваната конструкция. Оптичният метод позволява относително точно да се определи разпределението на напрежението във всички точки на идеализирания модел. Затова оптичният метод е целесъобразно да се използва в тези случаи, когато трябва да се получи обща картина на разпределение на напреженията и да се изясни схемата на работа на машинните части под товар. Такива задачи е необходимо да се решават при проектиране и усъвършенстване на конструкциите. Тъй като формата на модела при изследване на деформациите лесно може да се изменя, то с помощта на този метод, относително лесно могат да се решават задачи по подбора на най-изгодна форма на машинните части, при зададено натоварване.

Оптичните модели се изработват от: фенолна смола, епоксидна смола, алкид, кристон и др. Моделите се получават чрез леене, стругуване и използване на различни шлюсерски операции.

Поляризационно-оптичният метод се използва в конструкторската работа, почти във всички отрасли на техниката: машиностроене, автомобилостроене, самолетостроене, строителна промишленост и др.

Особено широко приложение оптичният метод е получил при решаване на конструктивни задачи, свързани с избора на най-целесъобразна форма на машинните части, осигуряващи минимално тегло, при дадено натоварване.