

4. *Оптоварувања, напони и ситејен на сигурноста на машинските делови*

4.1 *Оптоварувања*

Оптоварувањата на машинските делови претставуваат просторни системи од надворешни и внатрешни сили и спрегови предизвикани од

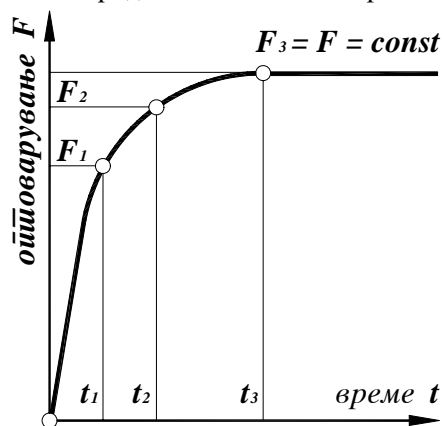
- *оптичките* што машините ги совладуваат при вршење корисна работа (отпор при режење кај алатните машини, отпор од триење и отпор од струење на воздухот кај моторните возила, отпор на земјиштето кај земјоделските и градежните машини, отпор од електромагнетните сили кај електрогенераторите и др.)
- *масите* на одделни делови
- *корисните товари*
- *притисоците на течности и гасови* во разните садови под притисок, како и од
- *инерцијалните сили*

Состојбата во машинскиот дел што настанува под дејство на надворешни сили (*оптоварувањето*) и се карактеризира со деформација и соодветен внатрешен отпор се нарекува *напрегнување*. Според тоа, напрегнување е надворешно оптоварување сведено на единица површина. Значи, може да се каже дека *машинските делови се изложени на определени напрегнувања, а тие се соодветен напон*.

Во поглед на променливоста на оптоварувањето, односно напрегнувањето се разликуваат *статички* и *динамички оптоварувања* односно *напони* во машинските елементи. На статичко и динамичко испитување во принцип се подвргнуваат сите машински материјали но, главно, најчесто се испитуваат челичните материјали.

4.1.1 Статичко оптоварување и испитување на челичните материјали

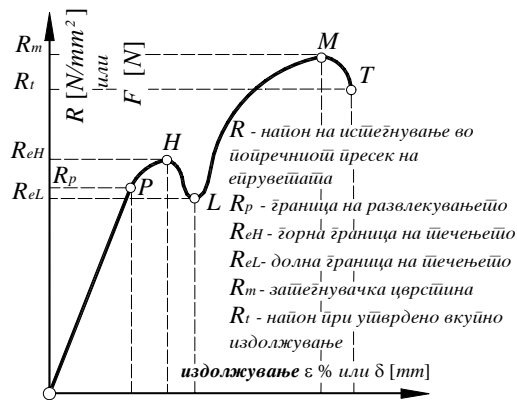
Статичко (мирно) оптоварување е оптоварување со постојан правец и насока чиј интензитет расте од нула до некоја определена вредност и потоа останува на таа константна вредност како што е прикажано на сл.4.1.



Сл.4.1 Статичко оптоварување на елементите

За сите машини кои подолг временски период работат со рамномерно оптоварување како што се електромотори, вентилатори, центрифугални пумпи и др. може да се смета дека предизвикуваат статичко оптоварување на елементите поврзани со нив. За нив може да се каже дека работат во *стационарен режим* на работа т.е. имаат константна зачестеност на вртежите и константно оптоварување.

Статичкото испитување на челичните материјали се врши со затегнување на специјално за тоа изработена епрувета, при што со постепено зголемување на оптоварувањето F (односно напонот во попречниот пресек на епруветата R) се мери нејзиното издолжување и се исцртува така наречениот *Hoock – ов дијаграм*, од кој се гледа зависноста на издолжувањето од моментната вредност на силата F (односно од напонот во попречниот пресек на епруветата R). На сл.4.2 е прикажан обликот на *Hoock – ов* дијаграм заедно со значењето на карактеристичните точки што се јавуваат во пресекот на епруветата.

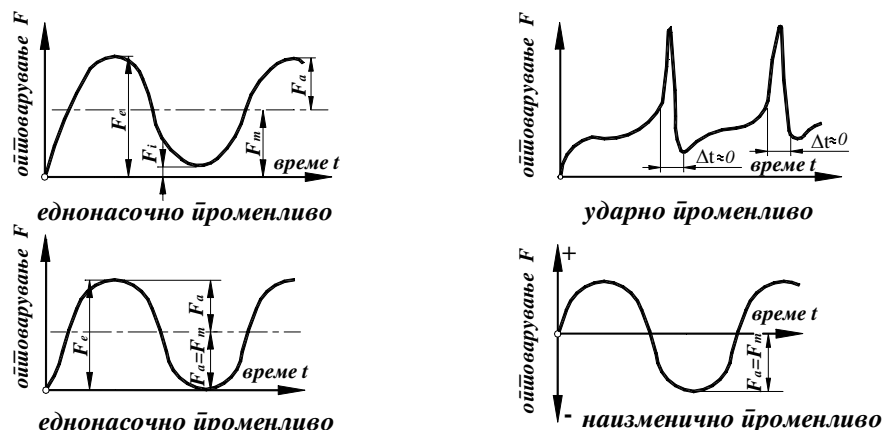


Сл.4.2 Ноок – ов дијаграм (стабилно истеѓнување на материјалиите)

Како што се гледа од дијаграмот, од почетната точка (напон со вредност $R = 0$ и издолжување $\delta = 0$) до точката со напон R_p и издолжување на епруветата δ_p , важи законот за пропорционалност т.е. за иста вредност на прирастот на напонот R се добива иста вредност на прирастот на издолжувањето на епруветата δ . Епруветата изложена на напон на истеѓнување еднаков или помал од R_p и соодветно издолжување δ_p , по престанувањето на напонот во поперечниот пресек, ја добива својата првобитна должина т.е. таа работи во еластичното подрачје. Со понатамошно зголемување на силата F епруветата останува издолжена, односно пластично е деформирана. Притоа за вредност на напонот до точката H пластичните деформации се занемарливи, но понатаму се сè поголеми за по точката M издолжувањето продолжува иако оптоварувањето опаѓа, при што на крајот доаѓа до кинење на епруветата (T).

4.1.2 Динамичко ойшоварување и истеѓнување на челичниите материјали

Денес во машинството мошне ретко се среќаваат чисто статички оптоварувања, најголемиот број делови и машини се изложени на динамички оптоварувања (сл.4.3) проследени со повремени слаби, средни или силни удари, така што статичкото испитување на материјалите го губи своето значење, а добиените резултати не се применливи.



Сл.4.3 Динамичко ойшоварување на елементиїе

Повеќето машини работат во така наречен нестационарен режим на работа т.е. кај нив често се менува оптоварувањето како и отпорите. Тука спаѓаат сите моторни возила, дигалки, лифтови, земјоделски и градежни машини, алатните машини и др. Кај урамнотежените машини постои константно оптоварување во текот на целиот работен циклус. Тука спаѓаат електромоторите и електрогенераторите, турбомашините, повеќецилиндричните мотори со внатрешно согорување и др. Затоа, како основа за пресметка на цврстината на машинските делови се зема т.н. *меродавно ойшоварување*, кое во повеќето случаи се разликува од номиналното.

Ако големината на меродавното оптоварување не може да се определи директно од условите на работа на машината, тогаш се зема предвид вредноста на *погонскиот фактор* K_A , чии ориентациони вредности во зависност од видот на оптоварувањето на погонската машина, се дадени во таб.4.1.

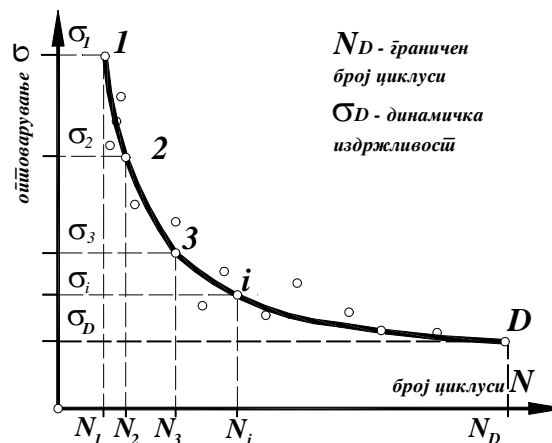
Таб.4.1 Погонски фактор K_A

| Ойшоварување на погонската машина | Вид на погонската машина | | |
|-----------------------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------|
| | електромотор, турбомашина | повеќецилиндричен мотор | едноцилиндричен мотор |
| рамномерно | 1,00 | 1,25 | 1,50 |
| со умерени удари | 1,25 | 1,50 | 1,75 |
| со силни удари | 1,75 | 2,00 | 2,25 |

Ако машинскиот дел се движи со релативно голема брзина се зема предвид и факторот на брзината $K_V > 1,0$, при што изразот за меродавната сила е производ од двата фактора и номиналната вредност на силата P_n .

$$P_W = K_A K_V P_n \quad 4.01$$

Поради тоа се јави потребата од динамичко испитување на материјалите, така наречено испитување со замор, што се изведува со помош на специјално изработени за таа намена епрувети или, уште подобро, со готови делови, со помош на пиласиори. Епруветата се подложува на периодично променливи оптоварувања со определен интензитет и притоа се бројат циклусите при кои доаѓа до лом на епруветата. На определена вредност на оптоварувањето F , односно напрегнувањето σ или τ , одговара определен број циклуси т.е. промени до настапување на лом N . Со поврзување на така добиените точки во дијаграмот F , σ , или τ (ордината) и бројот циклуси N (ајсциса) се добива крива слична на хиперболата, која асимптотски се стреми кон една постојана вредност што се нарекува динамичка издржливост (цврстина) σ_D или τ_D (види таб.3.2 до3.5) и претставува најголем номинален напон при периодично променливо оптоварување што епруветата од испитуваниот материјал може да го издржи без лом и при неограничен број циклуси. Овој тек на промени е прикажан на сл.4.4. Вака добиената крива е позната под името *Wöhler* – ова крива или крива на заморувањето за испитуваниот материјал.



Сл.4.4 Крива на заморување на материјалот (*Wöhler* – ова крива)

Вредноста на граничниот број циклуси изнесува

$N_D = 10 \cdot 10^6$ - за обичните конструктивни челици и

$N_D = 100 \cdot 10^6$ - за другите челици и обоените метали, како и за испитувањето со заморување под дејство на корозија или при повисоки температури.

Од експериментално утврдената линија на заморувањето може да се добие нејзината равенка во следниот облик

$$\sigma_D^m N_D = \sigma_N^m N \quad 4.02$$

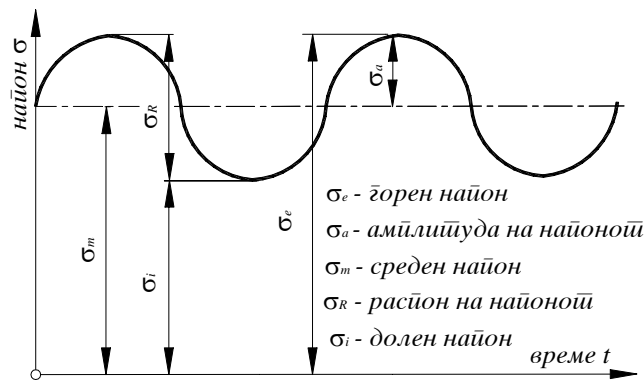
каде што вредноста на експонентот m одговара на наклонот на линијата кога истата е прикажана во логаритамски координати.

Инаку испитувањето на материјалите со заморување се врши по пат на затегнување и притискување, со свиткување или усукување или пак со нивна комбинација.

4.2 Наџони

Надворешното оптоварување сведено на единица површина се нарекува *наџреѓнување*, а реакцијата на напрегнувањето во пресекот претставува *наџон* чија вредност по интензитет е еднаква со вредноста на напрегнувањето, но има спротивна насока од него.

На *сл.4.5* е прикажан еднонасочно променлив напон со сите свои карактеристични големини, за кои важат следните релации:



Сл.4.5 Еднонасочно – променлив наџон