

# 1. ВИДОВИ ОТСТАПУВАЊА

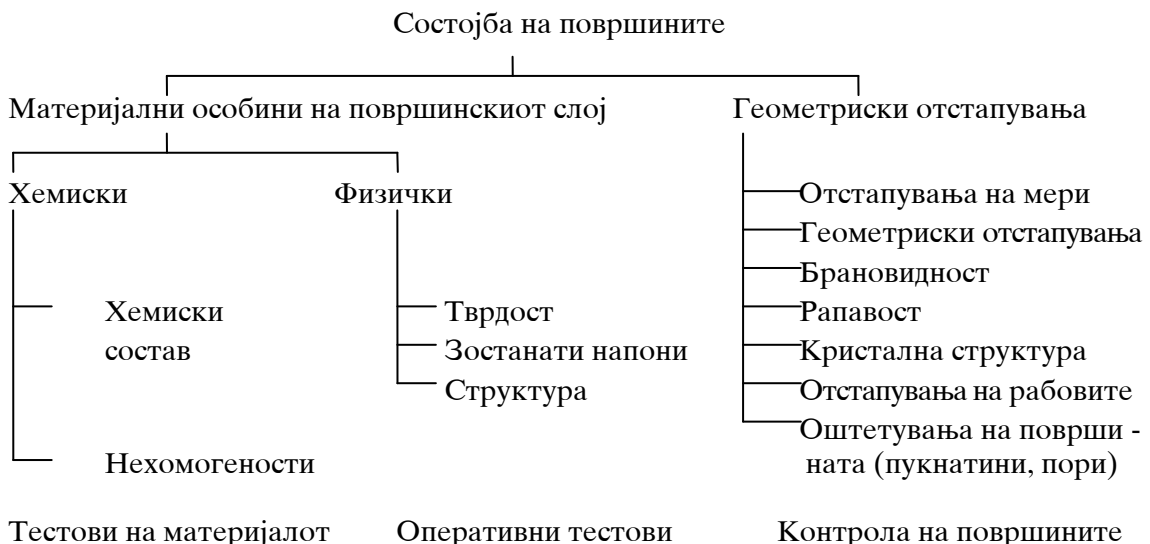
## 1.1. Вовед

Забрзаниот технолошки развиток води постојано кон производи кои се одликуваат со се подобри перформанси, поголема ефективност, помало загадување на животната средина и поголема надежност при експлоатација. Едновремено, пред производителите се поставуваат се поостри економски ограничувања, што наметнува потреба од рационализација, поголема кооперација со лиценци и кооперанти. При ваквата комуникација, се јавува потреба од технички цртежи со целосно зададени толеранции, кои соодветствуваат на потребите на функцијата, производството и контролата.

Изразот **целосно зададени толеранции** означува дека, освен дозволените **отстапувања на мерите**, треба да се зададени и дозволените **отстапувањата на геометријата** (обликот, правецот и положбата) на функционалните површини на изработуваните делови. Со целосно зададени толеранции јасно се пренесуваат информациите за важните геометриски карактеристики на функционалните површини на деловите од конструктивното биро во производните погони. Само на тој начин може да се осигури точно функционирање на деловите во склоп, како и економичност и рационалност при производство и контрола.

## 1.2. Состојба на површините

Соодветноста на еден машински дел за дадена намена зависи од неговите *внатрешни својства* (карактеристиките на материјалот, дисконтинуитетите на материјалот што доведуваат до концентрација на напони, нехомогеноста на материјалот) и *својствата на неговите површини*. Состојбата на површините ги опфаќа хемиските, физичките (механичките) и геометриските својства на површините (сл.1.1).



Сл. 1.1 Состојба на површините и потребните тестови и контроли

Состојбата на површината се одредува врз основа на материјалните и геометриските карактеристики на граничниот слој. Геометриските карактеристики се делат на **макро отстапувања** (отстапувања на мерите,

геометриски отстапувања) и **микро отстапувања** (брановидност, рапавост, кристална структура, гребнатини).

Доколку не е зададено поинаку, **макро отстапувањата од номиналната геометрија се однесуваат на целите геометриски елементи за кои се зададени. Микро отстапувањата се однесуваат на произволно одбрани мали делови од геометриските елементи за кои се зададени.** Макро отстапувањата се изразуваат во милиметри, додека микро отстапувањата се изразуваат во микрометри.

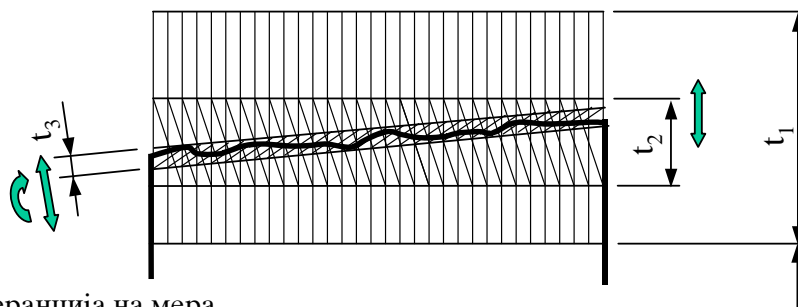
### 1.3. Видови геометриски отстапувања

Со ISO стандардите се опфатени следните геометриски отстапувања:

- отстапувања од мерите,
- отстапувања од положбата,
- отстапувања од правецот,
- отстапувања од обликот,
- брановидност,
- рапавост,
- дисконтинуитети на површините и
- отстапувања на рабовите.

*Отстапување од мерата* претставува разликата помеѓу реалната мера и номиналната мера. Отстапувањето се јавува воглавно како последица од непрецизно дотерување на алатната машина, како и од промените настанати во текот на обработката (на пр. абење на алатот).

*Отстапување од положбата* претставува отстапување на геометрискиот елемент (отвор, жлеб) од неговата номинална положба. Ова отстапување се контролира во однос на еден, два или три геометриски елементи кои се зададени како прва, втора и трета референција. Толерантното поле за отстапување од положбата има точно определена номинална положба во однос на референциите. Отстапувањето од положбата се јавува поради непрецизности при поставување на алатот во однос на работното парче.



$t_1$  - толеранција на мера

$t_2$  - толеранција на правец

$t_3$  - толеранција на облик

↔ толерантното поле има произволна положба

↻ толерантното поле има произволен правец

Сл. 1.2. Споредба на толеранцијните полиња за обликот, правецот и мерата

*Отстапувањето од правецот* ги опфаќа отстапувањата од номиналниот правец (паралелност, нормалност, агол). Правецот се контролира во однос на еден геометриски елемент кој претставува

референција (база). Отстапувањето од правецот треба секогаш да е помало од отстапувањето од мерата или положбата на истиот геометриски елемент (сл.1.2). Ова отстапување може да биде резултат на непрецизност на движењата при обработката (помест), зјајовите во лежиштата, уклон на алатот или работното парче, грешка при поставување во помагало и др.

*Одвистапување од обликот* е отстапување на изработениот геометриски елемент (површина, линија) од неговиот номинален облик. Толерантното поле кај отстапувањето од обликот не е ограничено по положба и правец и тоа може да зазема произволна положба внатре во поголемите толерантни полиња за правец, положба или отстапување на мера (сл.1.2). Ова отстапување се јавува поради истите причини како и отстапувањето од правецот.

*Брановидноста* се однесува на помалку или повеќе периодични неправилности на површината кои се распоредени на доста поголемо растојание од растојанието на нерамнините при рапавоста. Брановидноста се контролира на дел од површина. Брановидноста се јавува како последица од ексцентрично стегање во помагала за време на обработката, вибрации на алатната машина и/или алатот и/или работното парче.

*Рапавоста* опфаќа мали соседни периодични и непериодични неправилности на површината од делот. Рапавоста се проверува на еден или повеќе мали делови од површината. Рапавоста се јавува поради директниот ефект на врвот на алатот врз обработуваната површина. Други причини за појава на рапавоста се кристалната структура на материјалот и хемиските ефекти (корозија).

*Одвистапувања на површината* се изолирани неправилности на површината како зарези, пукнатини, пори и сл. Овие неправилности не се целосно опфатени со стандардите и се дефинирани само за одредени производи (за елементи за врска ISO 6157 и за топло валани челични полупроизводи ISO 9443).

*Одвистапувања на рабовите* претставуваат отстапувања на зоната на работ од идеалниот геометриски облик, како на пример, оштетеноста или излижаноста во однос на остар раб. Во подготовка е меѓународен стандард ISO 13715 кој ги опфаќа дозволените отстапувања на рабовите.

Брановидноста, оштетувањата на површините и отстапувањата на рабовите не се опфатени во понатамошниот текст, а повеќе информации може да се најдат во учебниците за машинска обработка.

#### **1.4. Рапавост на површини**

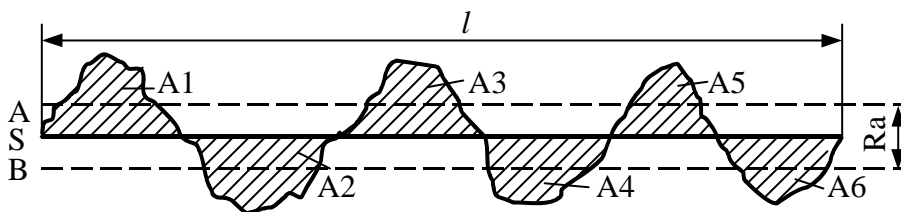
Рапавоста спаѓа во класата микроотстапувања и се мери во микрони [ $\mu\text{m}$ ]. Рапавоста на површините влијае врз интензитетот на триењето, абењето, отпорноста на замор, естетиката и др. Рапавоста на површините се јавува како последица на процесите на обработка. На пример, површина обработена со брусење е помазна отколку површина обработена со стругање, која пак е помазна отколку површина на дел добиен со леење во песочен калап. Рапавоста на површината зависи и од вибрациите на машината и алатот, изборот на работната брзина и поместот, користените помагала и др.

За одредување на рапавоста на површините се применуваат повеќе различни показатели, и тоа најчесто:

$R_z$  - средна височина на нерамнините изразена во  $\mu\text{m}$ ,  
 $R_{max}$  - максимална височина на нерамнините изразена во  $\mu\text{m}$  и  
 $R_a$  - средно аритметичко отстапување на профилот изразено во  $\mu\text{m}$ .

Најчесто применуван показател за рапавоста е *средното аритметичко отстапување на профилот*  $R_a$ . Вредноста  $R_a$  се пресметува врз основа на измерените вредности добиени со следење на профилот на изработената површина долж мерна долина  $l$ . Прво се одредува *средната линија на профилот*  $S$  (сл.1.3), која се определува како аритметичка средина  $(A_g + A_d)/2$  на збирот на површините на бреговите над средната линија  $A_g = A_1 + A_3 + \dots$  и збирот на површините на доловите под средната линија  $A_d = A_2 + A_4 + \dots$  (сл.1.3).

Линијата  $A$  се добива како средно отстапување на точките од профилот кои лежат над средната линија на профилот. Соодветно, линијата  $B$  се добива како средно отстапување на точките од профилот кои лежат под средната линија на профилот. Средното аритметичко отстапување на профилот  $R_a$  е растојанието помеѓу линиите  $A$  и  $B$  и се пресметува како збир на површините над и под средната линија на профилот поделен со мерната должина  $R_a = (A_g + A_d)/l$ .



Сл.1.3. Одредување на средното аритметичко отстапување на профил  $R_a$

Рапавоста на површина се мери на повеќе начини. Уредот за мерење на рапавоста се движи за мерна долина  $l$  и ја отчитува вредноста  $R_a$ . Отчитаната рапавост може да има различна вредност при мерење во различни насоки долж површината. Рапавоста може да зависи и од должината  $l$  на која се мери рапавоста. Должината на која се мери рапавоста е стандардна и се одбира од табела според очекуваната рапавост.

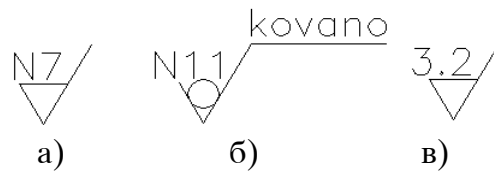
Дозволената рапавост се означува со симболот за рапавост на површина и со класата на рапавост (сл. 1.4а и б). Во стандардот ЈУС. М.А0.065 се дефинирани 12 класи на рапавост кои се означуваат со N1, N2, N3, ... N12 и дозволените вредности за рапавост за секоја од овие класи. Најфина е класата N1, а најгруба N12. Наместо бројот на класата на рапавост, во симболот може директно да се внесе максималната дозволена вредност на  $R_a$  која одговара на дадената класа (сл.1.4в). Симболот со рамностран триаголник означува дека површината се обработува со симнување на струшка, а симболот со круг означува дека површината се изработува без симнување струшка (леење, ковање, и др.).

Вредноста  $R_a$  треба да се проверува само на одредени површини кои се важни за функционирањето на делот. Тоа се пред сè површините изложени на интензивно триење, површините кај одговорни пресувани склопови и сл. Во спротивно, непотребно се контролира делот и се поскапува

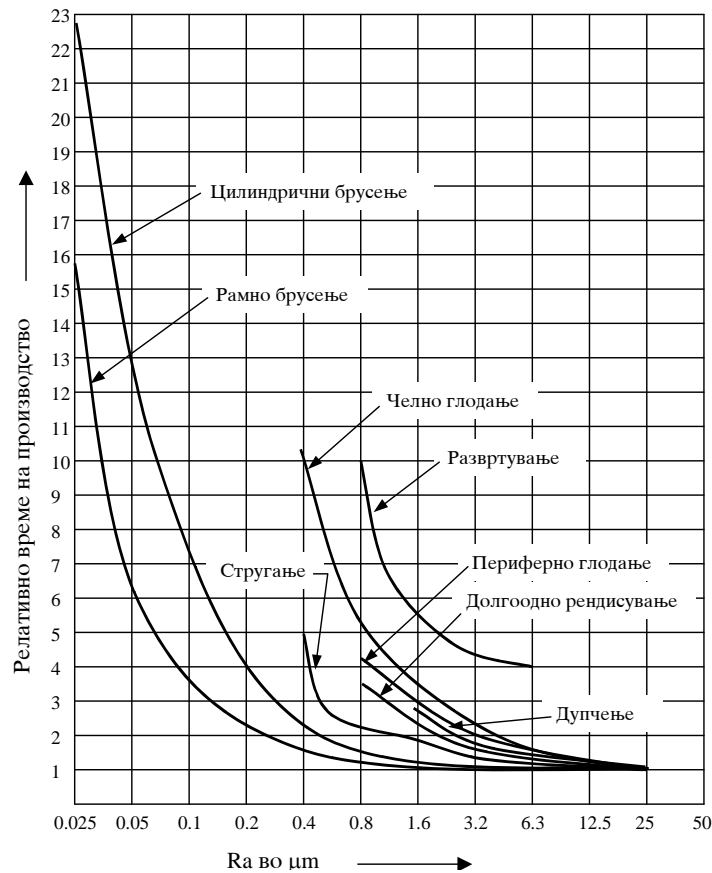
производството. За повеќето обработени површини важи *ошишайаа* вредности на *рајавосја* која се задава во таблицата на работилничкиот цртеж. Мали вредности на дозволена рапавост на површините повлекуваат примена на дополнителни процеси на обработка за постигнување на висок квалитет на површината, со што се поскапува делот. Затоа, секаде каде што е можно, треба да се користи рапавоста која вообичаено се добива со економичен процес на обработка.

Во табелата се дадени индекси на зголемување на времето на обработка, при намалување на дозволената рапавост на површината (сл.1.5). На сл.1.6 се дадени вообичаените вредности на рапавоста во  $\mu\text{m}$  кои се постигнуваат при вообичаените процеси на обработка.

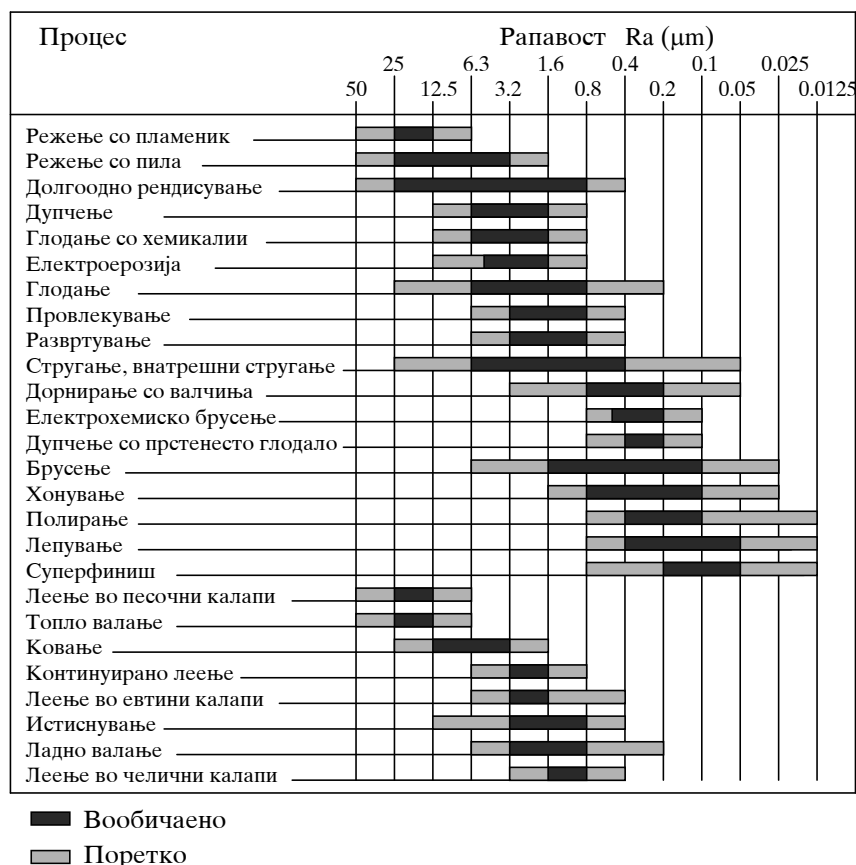
Од искуство, големините на макроотстапувањата (толеранции на мери, геометриски толеранции) треба да се усвојат така да бидат најмалку 10-20 пати поголеми од просечната рапавост на површините за кои се задаваат.



Сл.1.4. Символи за означување на рајавосја



Сл.1.5. Релативни времиња за обработка во зависност од рајавосја



Сл.1.6. Рајавоси на површините кај процесите на машинска обработка

### 1.5. Толеранции на слободните мери

Ниеден машински дел не може да се изработи без одредени отстапувања од номиналниот облик и големина. Кога отстапувањата се преголеми, делот не е погоден да ја извршува својата функција. Од друга страна, доколку при изработката премногу се трудиме да ги сведеме отстапувањата на минимум, производството ќе биде скапо и производот тешко ќе се продаде.

За поголема конкурентност на пазарот, треба да се искористат сите можности за поголема економичност на производството. Затоа треба да се знаат сите потребни толеранции на изработуваниот дел, за да може врз основа на нив да се одбере најекономичниот начин на производство. Доколку се задаваат поединечно толеранциите за секој геометриски елемент од делот, цртежот би се преоптоварил со ознаки и би бил тежок за читање. Затоа, општите толеранции се стандардизирани (ISO 2768) и се применуваат таму каде што не се означени други толеранции. Овие толеранции се викаат уште и **толеранции на слободни мери**.

Толеранциите на слободни мери треба да се поголеми или еднакви на вообичаената точност на изработка која се постигнува во даден машински погон. Овие толеранции одговараат на точност која се постигнува вообичаено со машините во погонот. Пошироки толеранции од овие не придонесуваат за зголемена економска ефективност. Толеранциите на слободни мери се обично исти за одредена индустриска гранка.

Толеранциите на слободни мери се задаваат така што во заглавието на цртежот се внесува бројот на применетиот стандард и класата на толеранции. Толеранциите на слободните мери не се проверуваат, освен ако отстапувањето е преголемо и создава проблеми.

Со стандардот ЈУС М.А1.410 се пропишани *четири класи на толеранциите на слободните мери: фина, средна, груба и многу груба*. Изборот на класата на точност зависи од конкретните услови на производство.

Толеранциите на функционалните мери кај кои се бара поголема точност отколку кај слободните мери, треба да се зададат директно на соодветната функционална мера.

## **1.6. Толеранции на мери**

Поради природата на материјалите и процесите на обработка, деловите никогаш не можат да се изработат со сосема точни мери. На пример, иако еден дијаметар на цртеж е зададен  $\phi 50$ , точната мера не може никогаш да се постигне, но можно е деловите изработени со дијаметар  $\phi 49,95$  mm или  $\phi 50,05$  mm сосема добро да ја извршуваат функцијата за која е наменет делот. Дозволеното отстапувањето на дијаметарот во овој случај изнесува  $\pm 0,05$ .

*Толеранција на мера е дозволено отстапување на мера од машински дел и се пресметува како разлика помеѓу најголемиот и најмалиот дозволена вредност на мерата.*

Толеранциите на мерите мораат да се зададат за да се овозможи правилна работа на деловите во склопот. Деловите не можат да бидат изработени со сосема точни мери и конструкторот има за задача да определи колку блиску до идеалната мера треба да се изработи делот за да ја задоволува својата функција во склопот.

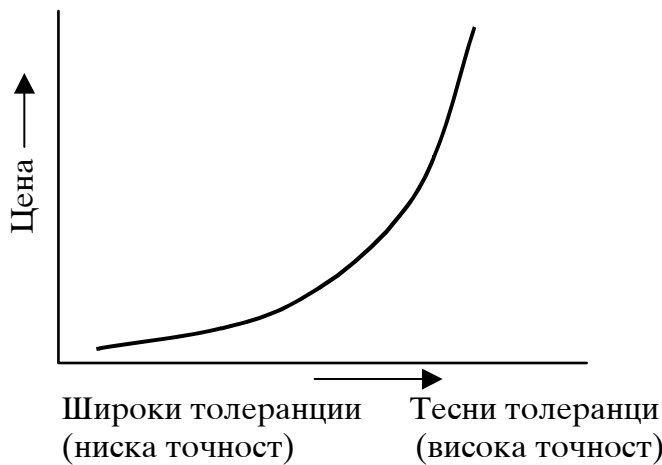
На почетокот на овој век деловите биле изработувани со помала прецизност и морале да се доработуваат и дотеруваат за да можат да се склопат. Дотерувањето на деловите барало голема вештина и можеле да го прават само највештите мајстори. Со напредокот во прецизноста на алатите и алатните машини, денес може да се постигне многу голема точност на изработка на мерите. Со тоа е постигната *лесна заменливост на деловите*, што дава низа предности:

1. *За монтиража на деловите не е потребна посебна вештина, бидејќи е опстранета потребата за дотерување на мерите*. Со тоа е намалена цената на производите и полесно се запазува потребниот квалитет.
2. *Замената на допрајаниите делови е едноставна*. Дотрајан дел може едноставно да се замани со друг дел кој е изработен во рамките на дозволените толеранции.
3. *Деловите може да се изработуваат во големи серии*. Кога се произведуваат големи серии на делови или склопови, се исплатува да се инвестира во специјални уреди кои го поедноставуваат производството. Такви уреди се на пр. специјални машини - автомати, нумерички управувани машини, помагала, водилки и др. Трошоците за овие машини и уреди се делат на многу голем број делови, така што цената на изработката за еден дел е многу помала отколку кога се произведува мал број делови од страна на вешт мајстор.

Споменатите придобивки се однесуваат на методот на **потполна заменливост** на деловите. Сепак, кога толеранциите се многу мали нагло се зголемува цената на произведените делови и затоа се прибегнува кон други методи. Често се применува методот на **непотполна заменливост** при кој се користат статистички податоци за да се прошират толерантните полиња и притоа да се обезбеди заменливост во висок процент на случаи (обично над 99%).

### 1.7. Влијание на толеранциите врз цената на производот

Пожелно е деловите да се изработат со реални мери блиски до идеалните мери, но преголемото инсистирање на точност нагло (експоненцијално) ја зголемува цената на изработката на деловите (сл.1.7). Врз трошоците за постигнување на одредена толеранција влијаат следните



фактори:

Сл. 1.7. Промена на цената во однос на промена на ширина на толерантно поле

- **Ширина на толерантното поле.** Општо земено, со намалување на толерантното поле растат трошоците за изработка на делот во рамките на толеранцијата. Тесните толеранции може да влијаат на изборот на суровото парче. Суровите парчиња изработени со лееше во песочни калапи се со ниска точност на мерите. Поточни мери се постигнуваат со лееше во метални калапи, но овие калапи имаат многу поголема цена на чинење, која може да се оправда само при големосериско производство. Зададената толеранција влијае и на изботот на машината на која ќе се обработува делот. Нова алатна машина обично дава поголема точност на изработените делови отколку стара машина, но новата алатна машина бара ново вложување, кое сигурно ќе резултира во зголемена цана на произведените делови. За постигнување на потесните толеранции обично се потребни повеќе процеси на обработка, на пример, стругање, па брусење. Потесните толеранции бараат и посовршени уреди за нивна контрола. Исто така веројатноста за појава на шкарт е поголема кај потесните толеранции.
- **Големина на делот.** Колку е поголем делот, толку е поголема цената за постигнување на зададената толеранција. За обработка на големите



делови кои имаат големи и долги обработувани површини се користат специјални машини со големи габарити кои се поскапи од стандардните машини. Исто така, трошоците за поставување на деловите се поголеми. Шкартот кој може да се појави поради непостигнување на толеранциите има повисока цена.

- **Облик на делот.** Иста толеранција може полесно да се постигне кај одредени облици. На пример, надворешен дијаметар на ротационен дел може полесно е да се изработи во рамките на зададена толеранција, отколку отвор. Ротациониот дел може едноставно да се постави во стегачката глава на стругот и со доближување или оддалечување на алатот кон парчето можат да се изработат различни дијаметри. За изработка на отвор се користат сврдли кои одговараат само на одредени дијаметри. За да се постигне толеранцијата, потребни се повеќе сврдли и развртувачи, што го зголемува времето и цената на обработката.

Конструкторот треба да биде во можност да ја провери цената за постигнување на зададените толеранции. Општи напатствија за пресметка на цената на делот може да се најдат во прирачниците за машинска обработка, но трошоците зависат и од конкретното претпријатие. Конструктивните бироа обично имаат свои каталози за можностите на машинскиот парк и цените за постигнување одредена точност со примена на машините од погонот.

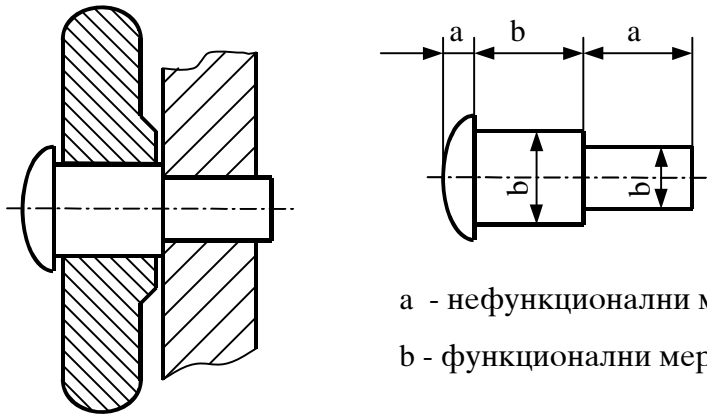
Добар конструктор треба при задавање на толеранциите да се консултира со технолозите и инженерите кои го проектираат процесот на изработка, за да провери дали зададените толеранции можат да се постигнат и колку ќе чини производот. Ако не може да се постигнат потребните толеранции со постојните машини во погонот, тогаш не треба да се започнува производство на производ кој бара толкава прецизност или пак треба да се размисли за набавка на нова машина.

## 1.8. Функционални мери

Толеранциите влијаат врз цената и функционалноста на деловите. За успешно конструирање, многу е важно да се внимава на деталите, особено при задавање на толеранциите. Добра конструкција може лесно да се расипе со лошо задавање на мерите и толеранциите.

**Толеранциите по правило се задаваат само за мерите од кои зависи функционирањето на делот во склопот.** Останатите мери исто така имаат дозволено отстапување, но за нив важат толеранциите на слободни мери.

Функционални површини на деловите често пати се допирните површини помеѓу деловите. На сл.1.8 е прикажан склоп на тркалце од лизгач за фиока. Оскичката која го носи тркалцето е цврсто споена со носачот преку помалиот цилиндар. Тркалцето може слободно да се врти околу поголемиот цилиндар. Функционални мери на осовинката се двата дијаметра на цилиндрите и должината на поголемиот цилиндар од која зависи слободното вртење на тркалцето. Овие три мери се означени со  $b$  на сл.1.8.



Сл. 1.8. Функционални и нефункционални мери

При задавањето на толеранции треба да им се посвети поголемо внимание на **функционалните мери**, т.е. мерите од кои зависи правилното функционирање на деловите во склопот.

*Функционалните мери по правило се котираат директно* за да се одбегнат непотребно тесни толеранции и за да се намалат трошоците на изработка.

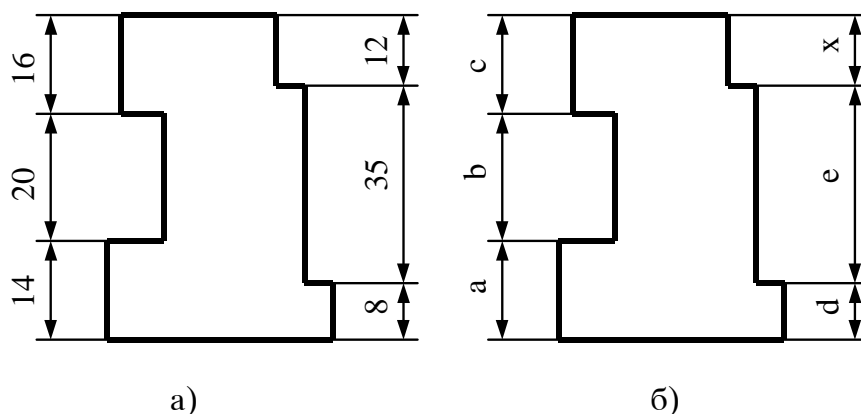
Правлото дека функционалните мери треба да се котираат директно и дека како зависни мери треба да се земат нефункционалните мери, овозможува логично задавање на мерите и толеранциите и води кон добра конструкција

## 1.9. Задавање на мери и толеранции

Работилничкиот цртеж треба да ги содржи сите мери кои се неопходни за изработка на делот. Особено треба да се внимава делот да не биде **прекотиран** или **недоволно котиран**. Во продолжение ќе ги разгледаме проблемите кои настануваат со прекотирање на деловите. Кога се зададени повеќе мери за делот отколку што е неопходно, се јавува двосмисленост, како на мерите така и на толеранциите на мерите.

За илустрација ќе го разгледаме примерот на сл.1.9а. Плочата е степенесто засечена и зададени се вертикалните мери за должините на засеците. Делот е прекотиран, а освен тоа, ако се соберат мерите од левата страна се добива вкупно 50mm, а од десната страна се добива збир од 55mm. Прекотираноста во овој пример доведува до двосмисленост на вкупната должина на делот. За да се отстрани грешката, треба да се избрише една од мерите. Ваквата мера се нарекува **зависна мера и нејзината вредност се пресметува според другите мери**.

За мерите според кои се пресметува вредноста на зависната мера велиме дека формираат низа од надоврзани мери, односно **мерна верига** (сл.1.9б), а зависната мера  $x$  се нарекува уште **завршен член на мерната верига**.



Сл.1.9. Прекојиран дел (а) и слободна некојирана мера  $x$  (б)

На сл.1.9б мерите се означени со букви. Како зависна мера е земена мерата  $x$ . Номиналната вредност на мерата  $x$  во овој случај се пресметува според равенката:

$$x = a + b + c - d - e$$

Ако горните вредности на мерите ги означиме со  $a_g, b_g, c_g, d_g$  и  $e_g$ , а долните вредности на мерите со  $a_d, b_d, c_d, d_d$  и  $e_d$ , тогаш најголемата вредност  $x_g$  и најмалата вредност  $x_d$  на мерата  $x$  се пресметуваат според равенките:

$$x_g = a_g + b_g + c_g - d_d - e_d$$

$$x_d = a_d + b_d + c_d - d_g - e_g$$

Толеранцијата на зависната мера  $T_x$  може да се пресмета како разлика на мерите  $x_g - x_d$ , односно со одземање на двете претходни равенки.

$$x_g - x_d = a_g - a_d + b_g - b_d + c_g - c_d + d_g - d_d + e_g - e_d$$

Разликите  $a_g - a_d = T_a, b_g - b_d = T_b, \dots$  се толеранции на мерите  $a, b, c, \dots$  соодветно.

**Толеранцијата на зависната мера е еднаква на збирот на толеранциите на сите мери преку кои се пресметува таа мера.**

$$T_x = T_a + T_b + T_c + T_d + T_e$$

При задавање на мерите и толеранциите, конструкторот треба да го има на ум ова правило, односно како зависна мера (без kota) треба да ја остави онаа мера која не е важна за функционирање на делот во склопот. Кај зависната мера се акумулирани грешките од сите мери преку кои се пресметува таа мера.

Горенаведената равенка се користи при прематка на толеранцијата на завршниот член на мерната верига при методот на потполна заменливост и во општ случај гласи:

$$T_x = \sum T_i$$

каде  $T_x$  е толеранцијата на завршниот член, а  $T_i$  се толеранциите на сите останати членови на мерната верига.

## 1.10. Општо за налегнувања

Како што е претходно напоменато, толеранциите се неопходни за да се осигури заменливост на деловите во склопот. Освен заменливоста на деловите, толеранциите се задаваат за да се осигури правилно спојување и

функционирање на деловите во склопот. Функционалноста на деловите во склопот се обезбедува со избор на соодветни налегнувања.

**Налегнување е збирен ефект од толеранциите на отвор и осовина со еднаков номинален дијаметар.**

Да разгледаме пример на вратило кое слободно ротира во пластично лежиште. Лежиштето е вградено во куќиште. За да ја оствари својата функција, лежиштето треба да биде цврсто споено со куќиштето. Мерите на куќиштето и лежиштето и нивните толеранции се одбираат така да се добие мал преклоп со што се оневозможува заемно движење помеѓу куќиштето и лежиштето. Од друга страна, дијаметарот на вратилото и внатрешниот дијаметар на лежиштето треба да имаат толеранции кои осигуруваат постојење на зјај, што овозможува лесна подвижност на вратилото.

Постојат три основни вида налегнување:

- **со зјај:** отворот е поголем од осовината;
- **со преклоп:** осовината е поголема од отворот;
- **неопределено:** мерите на отворот и на осовината се такви да може да се добие ту зајај, ту преклоп.

Одбраното налегнување треба да ги има *истите функционални карактеристики во рамките на толеранциите полиња на отворот*. На пример, ако деловите треба да имаат налегнување со зјај, тогаш вратилото треба да може слободно да ротира во отворот, за било кои мери на деловите во рамките на зададените толеранции.

Исто така, *налегнувањето треба да има истата функционалност за делови со големи мери и за мали делови*. Големината на зјајот зависи од големината на дијаметрите кои се спојуваат, односно толерантните полиња не се исти за дијаметар од 25mm и за дијаметар од 250mm. **Со системот на налегнувања се овозможува да се добијат исти карактеристики на налегнувањата за различни големини на мерите.**

## 1.11. Класи на точност и положба на толерантното поле

**Мерата максимум материјал е онаа мера при која делот има најмногу материјал во рамките на толерантното поле.** Така, мерата максимум материјал за осовина е најголемата дозволена мера на осовината во рамките на толерантното поле. Мерата максимум материјал за отвор е најмалата мера на отворот во рамките на даденото толерантно поле.

*Големината на толерантноста поле за деловите се зголемува со зголемување на мерите.* За одредена класа на точност големината на толеранцијата зависи од големината на мерата и може да се отчита од табела за толеранции (од учебник по машински елементи).

Со ISO стандардите се дефинирани *18 класи на точност*: IT01, IT0, IT1, IT2,..., IT16. Во продолжение се дадени процесите со кои се постигнува одредена класа на точност. Кај пофините класи е дадена само нивната примена.

- IT16 Леење во песочни калапи, отсекување со пламеник.
- IT15 Ковање.
- IT14 Леење во калапи.
- IT13 Отпресоци, валање на цевки.
- IT12 Лесни отпресоци, извлекување на цевки.

- IT11 Дупчење, глодање, рендисање, истиснување.
- IT9 Обработка со хоризонтални или вертикални глодалодупчалки.
- IT8 Стругање, стругање на отвори, провлекување, хонување.
- IT7 Високо квалитетно стругање, провлекување, хонување.
- IT6 Брусеење, фино хонување.
- IT5 Лепување, обработка со дијамантски алат, фино брусеење, лизгачки лежишта.
- IT4 Контролни трнови, прецизни толеранции добиени со лепување.
- IT3 Квалитетни помагала.
- IT2 Високо квалитетни помагала за контрола.
- IT1 Референтни помагала.
- IT0 Многу квалитетни референтни помагала, еталони, хорологија.
- IT01 Екстремно фини референтни помагала, прецизна хорологија.

Толерантното поле може да биде различно поставено во однос на номиналната мера. Со цел да се постигне голема разновидност на налегнувања за потребите на различни функции, дефинирани се 27 положби на толерантното поле во однос на номиналната мера, кои се нарекуваат *видови на описувања*. Отстапувањата се означуваат со букви од латинската азбука. Отстапувањата за отворите се означуваат со големи латински букви, а за осовините со мали латински букви.

Со Н се означува толерантното поле за отвор за кое најмалата мера на отворот (мерата на на максимум материјал) е еднаква со номиналната мера на отворот. Отворите со толерантно поле со ознака пред буквата Н, на пример G, F, E имаат поголема мера на максимум материјал, односно толерантните полиња се поместуваат така што се добиваат отвори пошироки од номиналната мера. Отворите со толеранција I, J, K,... имаат помала мера на максимум материјал отколку отворите со толеранција H, односно толерантните полиња се поместуваат во насока на стеснување на отворите.

Со h се означува толерантно поле на осовина кога најголемата дозволена мера на осовината (мерата на максимум материјал) е еднаква со номиналната мера на осовината. Буквите пред h (g, f, e, d, ...) се користат да се означат толерантни полиња за кои мерата на максимум материјал се поместува кон мери помали од номиналната вредност. Со буквите над h односно i, j, k, ... се означуваат толеранции на осовини за кои мерата на максимум материјал е поголема од номиналната мера.

## 1.12. Препораки за избор на налегнувањата

Кога се спојуваат отвор и осовина со еднаков номинален дијаметар се формира *налегнување*. Видот на налегнувањето зависи од толеранциите на обете компоненти. Бидејќи постојат 27 класи толеранции за отвори и исто толку за осовини, бројот на можните комбинации е многу голем. Во пракса обично се одбира една од толеранциите (за отворот или за осовината) да биде со мера максимум материјал еднаква на номиналната мера.

За отворите со помали димензии вообичаено е да се усвојува толеранција од тип H, а да се менува видот на толеранцијата на осовината. Вака формираните налегнувања се викаат уште **систем заеднички отвор**. Усвојување на отстапување од тип H за отворите ги намалува трошоците за

производство, бидејќи се користат стандардни сврдла и развртувачи со кои може директно да се постигне мера во рамките на толеранцијата H.

**Системот заедничка осовина** се применува само кога на една осовина со ист дијаметар се поставуваат повеќе различни делови со кои треба да се формираат различни налегнувања.

Во Табела 1.1 се наведени видови налегнувања препорачани од ISO кои се покажале како добри за остварување на одредени функции.

Табела 1.1. Препорачани налегнувања за оски и ошвори

Систем заеднички отвор	Систем заедничка оска	Карактеристики
H11/c11	C11/h11	<b>Лабави лизгачки спев.</b> Се користат кај делови со комерцијални (погруби) толеранции.
H9/d9	D9/h9	<b>Слободни лизгачки споеви.</b> Се користат кај делови изложени на голема варијација на температури, големи брзини или голем површински притисок, но само кога не се бара особена прецизност.
H8/f7	F8/h7	<b>Лизгачки споеви со мал зјај.</b> Се применуваат кај прецизни машини, за постигнување прецизна заемна положба при умерени брзини. Ова е вообичено налегнување со добар квалитет, при кое за подмачкување на подвижните делови се користи маст или масло и се применува кога нема големи промени на температурата. Се користи кај вратила на преносници, водилки кај машини и др.
H7/g6	G7/h6	<b>Тесни лизгачки споеви.</b> Овој спој е поскап и се применува кај лизгачки лежишта со континуирана работа и при добри услови на работа (лесно оптоварување, добро подмачкување). Спојот се применува и кај прецизно водење на лизгачки делови на машини или за едноставно поставување. Примери се лежишта на вратило од запчеста пумпа, водилка на иглата кај машини за шиее и др.
H7/h6	H7/h6	<b>Позиционирање или многу тесно заемно движење.</b> Налегнувањето е со многу мал зјај, или без зјај. Се користи за спојување на делови кои мируваат. Овој спој овозможува лесна монтажа и демонтажа. Ако ваквиот спој е подвижен, потребно е добро подмачкување. Се применува кај вентили во хидрауликата.
H7/k6	K7/h6	<b>Позиционирање.</b> Склопови каде е потребен мал преклоп за да се отстрани можноста за вибрации, на пр. споеви на главина со вратило, лежиште.
H7/n6	N7/h6	<b>Прецизно позиционирање.</b> За делови кои можат да поднесат поголем преклоп.

H7/p6	P7/h6	<b>Лесно набиени споеви.</b> Цврсто спојување на делови од обоени метали кај кои не се јавуваат преголеми напони при монтажа, на пр. бронзена чаура во куќиште. Спојот овозможува прецизно позиционирање но без посебно висок притисок во отворот.
H7/s6	S7/h6	<b>Набиени споеви.</b> Трајно сврзување на челични делови, на пр. тенка цилиндрична чаура во отвор. Ова е најцврст спој што може да се оствари со леано железо.
H7/u6	U7/h6	<b>Тешко набиени споеви.</b> Трајно спојување со голема сила за делови кои можат да издржат големи внатрешни напрегања, или споеви кои се остваруваат со стеснување (поради ладење на внатрешниот дел) и/или ширење (поради загревање на надворешниот дел) ако големите сили на притисок не се практични.

За стандардните делови и склопови (на пр. лежишта), потребните толеранции и налегнувања за вгадување можат да се најдат во каталогот на производителот. Овие препораки треба да се почитуваат. Ако спојот не е со стандарден дел, тогаш конструкторот треба сам да одлучи кое налегнување да го одбере.