

# КРАТАК САДРЖАЈ

---

<b>1. ОСНОВЕ КОНСТРУИСАЊА МАШИНСКИХ ЕЛЕМЕНАТА.....</b>	<b>1-104</b>
1.1. Развој и конструисање производа.....	1-17
1.2. Стандардни бројеви и толеранције.....	17-38
1.3. Основе прорачуна носивости .....	38-76
1.4. Трибологија.....	76-102
1.5. Литература .....	103-104
<b>2. МАШИНСКИ СПОЈЕВИ .....</b>	<b>105-311</b>
2.1. Заварени спојеви.....	105-135
2.2. Залепљени спојеви .....	136-141
2.3. Залемљени спојеви .....	142-150
2.4. Навојни спојеви .....	150-217
2.5. Спојеви вратило-главчина преко отпора клизању .....	218-244
2.6. Спојеви вратило-главчина обликом додирних површина .....	245-257
2.7. Осовинице, чивије и сигурносни елементи .....	258-273
2.8. Опруге .....	274-310
2.9. Литература .....	311
<b>3. ЕЛЕМЕНТИ ЗА ПРЕНОС СНАГЕ .....</b>	<b>313-567</b>
3.1. Уопште о преносницима.....	313-331
3.2. Геометрија цилиндричних еволвентних зупчаника.....	331-377
3.3. Носивост цилиндричних еволвентних зупчаника.....	378-424
3.4. Конусни зупчаници .....	425-451
3.5. Пужни зупчаници .....	452-492
3.6. Ланчани преносници .....	493-508
3.7. Каишни преносници.....	509-542
3.8. Фрикциони преносници.....	543-564
3.9. Литература .....	565-567
<b>4. ЕЛЕМЕНТИ ЗА ОБРТНО КРЕТАЊЕ .....</b>	<b>569-750</b>
3.1. Осовине и вратила.....	569-622
3.2. Котрљајни лежајеви .....	623-688
3.3. Клизни лежаји.....	689-705
3.4. Спојнице и кочнице.....	706-748
3.5. Литература .....	749-750
<b>РЕГИСТАР .....</b>	<b>751</b>

# 1. ОСНОВЕ КОНСТРУИСАЊА МАШИНСКИХ ЕЛЕМЕНАТА

Машински систем представља материјализовани производ људског рада који самостално врши одређену функцију. С тачке гледишта намене машински системи се деле на радне (извршне), енергетске и системе посебне намене. Радни системи врше конкретан рад, док се у енергетским системима врши трансформација енергије из једног облика у други. У машинским системима посебне намене остварују се посебне функције.

Општа (глобална) функција машинског система може се денивелисати на парцијалне функције, а ове пак на елементарне функције. Почев од елементарне, преко парцијалне до опште, функције су хијерархијски и међусобно повезане, тако да чине структуру функција.

Структура функција представља апстрактну структуру машинског система, док реалну (материјалну) структуру машинског система чине машински делови. Под основним машинским делом подразумева се део који се не може даље расклопити. Више основних машинских делова који су међусобно функционално повезани чине машински подсклоп, а више подсклопова и делова чине машински склоп. Машински склопови, подсклопови и делови, међусобно функционално повезани чине машинску подгрупу или групу. Машину чине функционално повезане машинске групе, подгрупе, склопови, подсклопови и делови.

Структура функција не поклапа се са структуром делова машинског система. Извршиоци елементарних функција машинских система су **машински елементи**.

Машински елемент може бити дакле машински део, машински подсклоп, склоп или машинска група уколико извршава елементарну функцију. И осовина и лежај су машински елементи, јер извршавају елементарну функцију. Осовина је међутим машински део, а лежај машински склоп.

Машински елементи се деле на опште, који се уграђују на свим врстама машина без ограничења, и посебне, који се уграђују на ограниченом броју машина.

Према функцији коју врше, општи машински елементи деле се на:

**Елементи за везу** (машински спојеви), који обезбеђују везу машинских елемената у склопу.

**Елементи за пренос снаге**, који омогућују трансформацију механичке енергије.

**Елементи за обртно кретање**, који обезбеђују услове за остваривање обртног кретања.

Проучавање машинских елемената има за циљ да обезбеди преглед конструкционих облика, толеранција, материјала, стандарда и других података за сваки од машинских елемената. Поред тога циљ проучавања машинских елемената је одређивање оптерећења којима су изложени, приказ напонско деформационог стања, прорачун степена сигурности и радног века, као и прорачун кинематских и геометријских величина.



Сл.11.1. Основне фазе животног циклуса производа

## 1.1. РАЗВОЈ И КОНСТРУИСАЊЕ ПРОИЗВОДА

### 1.1.1. Дефиниција

Конструисање је креативни процес који се одвија по узастопним етапама при чему се полази од идеје а на крају се добија конструкционо технолошка документација за производњу машинског система. То је процес трансформације

идеје у пројекат као основе за производњу. Циљ конструисања је да за техничке проблеме налази оптимална решења, односно да испуни све захтеве везане за производњу, експлоатацију и рециклажу, а да при томе машински систем (производ, конструкција) буде конкурентан на тржишту.

### 1.1.2. Процес развоја нових производа

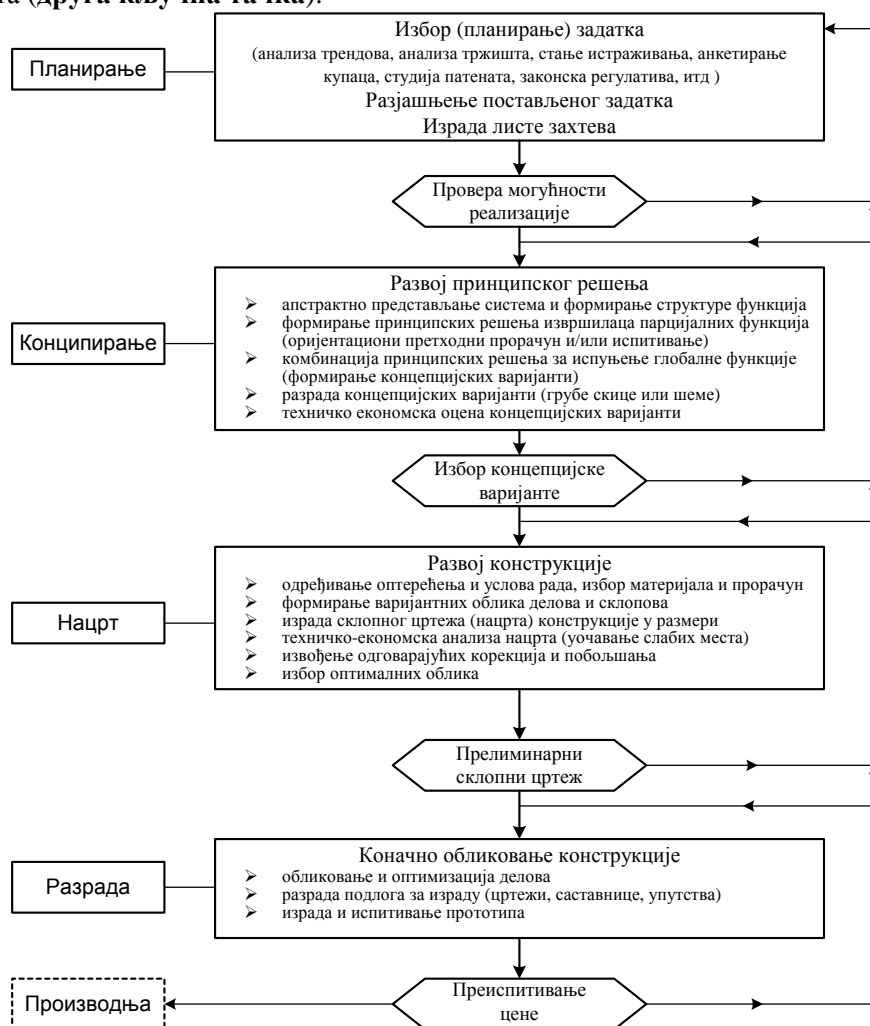
Животни циклус сваког производа садржи четири основне фазе (сл.11.1): - развој производа; - израда производа; - експлоатација производа; - рециклирање производа. Прва фаза – развој производа је уствари настајање нових производа и шематски по фазама може да се представи према VDI 2222 (сл.11.2). Овај процес може се поделити у четири фазе **планирање-конципирање-нацрт-израда**.

Да би се дошло до оптималног решења, врло је важно да на самом почетку процеса развоја и конструисања буде разјашњен и прецизно постављен конструкциони задатак и по могућности свеобухватно анализиран. Као резултат ове фазе добија се листа захтева које машински систем треба да испуни. Захтеви могу бити веома различити, те их по приоритету треба разврстати на захтеве који морају бити обавезно испуњени, захтеве који минимално морају бити испуњени и на жељене захтеве. У табели 11.1 приказана је контролна листа која може да послужи за израду листе захтева. Тек после провере могућности реализације односно добијања радног налога (**прва кључна тачка**), следи сам процес конструисања.

Табела 11.1. Контролна листа за израду спецификација према VDI - 2222

Основна карактеристика	Пример
Геометрија	Величина, висина, ширина, дужина, пречник, простор, број, распоред
Кинематика	Начин кретања, правац кретања, брзина, убрзање...
Силе	Правац деловања, величина, учестаност, тежина, оптерећење...
Енергија	Снага, степен искоришћења, трење, притисак, температура, загревање, хлађење, прикључак енергије...
Материјал	Ток материјала, транспорт материјала, помоћни материјал, карактеристике улазних и излазних производа...
Сигнал	Улазне и излазне мерне величине, облик сигнала, показивање...
Ергономија	Однос човек - машина, начин опслуживања, прегледност, радна сигурност, заштита околине...
Израда	Габаритне мере израде, захтеви квалитета, предвиђени поступак израде, алати потребни за израду...
Контрола	Могућност мерења и испитивања, стандарди...
Монтажа и транспорт	Темељи, посебна упутства за монтажу, место монтаже, ограничења код кранова и дизалица, транспортни пут, паковање, ускладиштење...
Експлоатација	Радни век, радна сигурност, дозвољена бука, утицај околине, заштита од експлозије...
Одржавање	Услови одржавања, инспекција, расклапање, чишћење...
Цена	Дозвољени трошкови израде, цена алата, инвестиције и амортизација
Рокови	Коначни рокови развоја, израде, испоруке...
Остала питања	Услови испоруке, плаћања, патентно право, предвиђена испитивања, пенали, осигурање транспорта, обезбеђење...

Друга фаза је конципирање идејног решења. Формирањем структуре функција, денивелише се општа (глобална) функција на парцијалне и елементарне функције. Ове функције углавном се свде на трансформацију енергије (силе, моменти, кретање), преношење енергије, итд. За дефинисање извршилаца елементарних функција полази се од математичког описа наведене трансформације. Трансформација се може остварити на основу механичког принципа, хидрауличког принципа, пнеуматског, електричног, магнетног, термичког, хемијског, итд. принципа. Најчешће је у примени механички принцип који се базира на основним физичким законима. Комбинацијом појединих принципских решења добија се већи број концепционих варијанти. Оценом ових варијанти са техно-економског аспекта бира се оптимална варијанта (**друга кључна тачка**).



Сл.11.2. Циклус поступака код развоја новог производа

Трећа фаза је фаза нацрта односно развоја конструкције у којој се дефинишу извршиоци принципских решења. Она обухвата прорачун, где се најпре дефинишу полазне димензије а затим и облик дела. Бира се материјал и поступак израде и утврђују основне димензије дела. У овој фази поред креативности неопходно је извршити већи број итерационих корака, чиме се увек иде ка вишем нивоу у погледу дефинисања конструкционог решења. Ово је јако компликована фаза јер захтева комбинацију прорачуна и дефинисање облика и често више пута понављање истих корака уз одговарајуће измене. Као резултат ове фазе добија се прелиминарни склопни цртеж, што је **трећа кључна тачка** процеса развоја и конструисања машинског система.

Четврта фаза је фаза разраде односно коначног обликовања конструкције. То значи не само израду склопног цртежа на основу почетних нацрта, већ и оптимизацију облика делова, израду саставнице и упутстава као и разраду подлога за израду као и саму израду прототипа. Излаз из ове фазе је коначно одређивање и преиспитивање цене производа, односно конструкције, што је **четврта кључна тачка** процеса развоја и конструисања. Иза тога се или иде у производњу или у поновно преиспитивање конструкције.

Машински елементи као извршиоци елементарних функција разматрају се у трећој и четвртој фази процеса развоја производа. Уградњом стандардних општих машинских елемената добија се рационалнија и поузданија конструкција, а у исто време поједностављује процес конструисања. Уколико се пак у конструкцију уграђују извршиоци елементарних функција, чији развој следи у самој фази конструисања, добија се скупља конструкција а сам процес конструисања је сложенији и дужи.

### 1.1.3. Општи конструкциони захтеви

У току процеса развоја и конструисања машинских система конструктор мора да узме у обзир већи број различитих конструкционих захтева. То су уствари захтеви везани за основне карактеристике система и по приоритетима обухватају следеће.

**Функционалност:** Основни захтев везан за техничке системе (машине, уређаје, подсистеме, машинске групе) је испуњење задате функције, али уз задате услове и за предвиђено време експлоатације. У односу на све друге захтеве, овај захтев има највиши степен приоритета. Функција система задаје се листом захтева, коју саставља купац односно корисник, а конструктор проверава реалне техничке могућности за њено испуњење. Нереални захтеви јако негативно утичу на сам процес конструисања. Захтеве треба поређати по степену приоритета, тако да се најпре решавају захтеви I степена приоритета које конструкција треба да испуни. Захтеви међутим могу бити специфични и везани за технолошки процес који систем испуњава у раду, што процесу конструисања даје интердисциплинарни карактер и намеће потребу тимског рада. При састављању листе захтева, конструктор мора кориснику да стави до знања да сваки додатни захтев поскупљује конструкцију. Другим речима с

тачке гледишта економичности производа треба конструкционо решење извести *не толико компликовано колико је могуће, већ тако једноставно колико је неопходно за испуњење предвиђене функције.*

**Сигурност:** Овај захтев је други по степену приоритета и представља смањење опасности за људе, машине и околину у току експлоатације система. Важну улогу при томе игра преоптерећење, које може да доведе до појаве нежељених стања и хаварија. Савременим методама прорачуна и уз примену адекватних система надзора стања радне исправности могуће је ова стања свести на минимум.

**Економичност:** Поред функционалности и сигурности, економичност представља један од кључних захтева који треба да испуни машински систем. Овај захтев има кључну улогу код продаје самог производа. Важну улогу на смањење цене коштања има примена полупроизвода као што су стандардни профили, лимови, цеви и уопште стандардни елементи.

**Енергетска ефикасност:** Обликовање уређаја треба бити тако изведено, да испуни задату функцију са минималним утрошком енергије. Оптимално функционисање машинског система обезбеђено је уколико он успешно испуњава предвиђену функцију за задате услове експлоатације, уз минимални утрошак енергије и минимална оптерећења везана за разне врсте отпора (ваздух, вода, отпори трења, итд.).

**Избор материјала:** Технолошке карактеристике материјала (чврстоћа, густина, еластичност, тврдоћа, итд.) захтевају веома пажљиву анализу код избора материјала за одговарајућу конструкцију. Избором материјала са бољим механичким особинама смањују се димензије делова, а самим тим и њихова оптерећења, али су цене таквих материјала доста високе. У сваком случају неопходна је детаљна анализа код избора материјала.

**Поступак израде:** Могући различити поступци израде (напр. ливење, ковање, заваривање, лепљење, итд.) са својим предностима и недостацима, битно утичу на обликовање делова, и код избора морају од конструктора бити пажљиво анализирани. То подразумева да конструктор добро познаје ову област и да има непосредна сазнања о технолошким могућностима своје фирме и фирми у окружењу. Избор поступка израде у великој мери зависи и од броја делова (појединачна, серијска или масовна производња). Оптимална производња машинског система обезбеђена је уколико су сви његови делови тако обликовани, да са минималном ценом и за минимално време могу бити израђени и уграђени.

**Обрада:** Квалитет обрађене површине и прописане толеранције битно утичу на избор поступка завршне обраде који ће се применити у пракси. Поступак обраде је међутим у директној вези са ценом производа, што треба узети у обзир. Препоручује се да се овде усвоји принцип избора најнижег квалитета обрађене површине, а да при томе не буде угрожена функционалност система.

**Обликовање:** Обликовање елемената и система је оптимизациони процес који садржи већи број итерационих корака. **Обликовати** значи установити облик, што је повезано са свим фазама процеса конструисања и развоја. У фази разјашњења задатка повезано је на пример кроз габаритне и прикључне мере), а у раној фази конципирања кроз усвајање физичких ефеката. У фази налажења извршилаца основних функција система увек се изнова проверава у којој мери је задовољена листа захтева. У процесу димензионисања и обликовања делова узима се у обзир и начин израде делова, монтажа, експлоатација, одржавање и каснија рециклажа система. Облик је заједно са материјалом најважније обележје састава техничких производа. Под **обликом материјалног производа** подразумева се свеукупност његових геометријских и дескриптивних обележја. Облик елемента може се дефинисати преко величина везаних за његов геометријски облик, величину (макро-геометрија) и површину (микро-геометрија). Производ као систем може према томе да се опише преко облика свих његових елемената и њиховог међусобног положаја.

**Монтажа:** Делови и склопови требају тако бити изведени да њихово склапање и монтажа буду једноставни и јефтине. Ако се монтажа изводи по тачно утврђеном редоследу, то мора конструктор у пратећем упутству тачно да наведе. Код масовне производње најчешће се изводи аутоматизована монтажа. Делови који се чешће у току експлоатације мењају због губитка радне способности (хабање, замор, ...) морају бити приступачни са лаком монтажом и демонтажом.

**Транспорт:** Габарити и тежина производа битно утичу на трошкове транспорта. Треба водити рачуна о различитим могућностима транспорта готових производа – железницом, теретним возилима, бродовима, авионом – и усагласити димензије и тежину производа са стандардима у овој области. У том смисли често се намеће потреба да се делови и склопови транспортују одвојено, а тек на месту експлоатације склапају.

**Експлоатација:** Руковање техничким уређајима треба по могућству да буде лако и прегледно. Потребни експлоатациони параметри морају бити лако достижни и по могућству означени логичким симболима. Радно место руковоаца треба бити оптимално обликовано са ергономске тачке гледишта. *Сваки уређај је онолико добар, колико је његово коришћење једноставно.*

**Одржавање:** То је јако битан параметар сваке конструкције. Уколико се одржавање изводи са прекидом рада уређаја, треба тежити да тај прекид буде минималан. Због тога је неопходно да сва места где се изводе интервенције одржавања буду лако приступачна са могућношћу брзе замене, односно морају да испуне захтеве теротехнологичности.

**Заштита околине:** Машински системи (производи) морају бити тако изведени да у току експлоатације немају неповољно деловање на људе и околину. По завршеном радном веку производ се избацује из употребе и неопходна је његова ликвидација и рециклажа. Законска регулатива везана за рециклажу и заштиту околине је изузетно строга, о чему конструктор мора да



води рачуна. У том смислу оптимална рециклажа састоји се у минималним трошковима везаним за прераду и поновну употребу саставних делова система.

#### 1.1.4. Конструисање са аспекта израде (технологичност)

У току обликовања производа конструктор дефинише све битне параметре везане за његову цену (облик, материјал, поступак израде, толеранције, квалитет обраде површина, монтажу). Највећи утицај на цену производа има технологија израде. Процес производње може се поделити на израду појединих делова и монтажу машинског система. Обликовање делова, а и система у целини у великој мери зависи од поступка израде.



Сл. 11.3. Поступци израде према DIN 8580

На сл. 11.3 приказани су могући поступци израде. За сваки од ових поступака постоје одговарајућа правила и смернице за обликовање делова. На пример поступак израде ливењем погодан је за делове компликованијег облика, које је врло тешко израдити на неки други начин. На овај начин могу се израђивати делови и малих и великих димензија, од различитих материјала, али је израда модела за ливење врло скупа, па се овај поступак исплати само за веће серије. При обликовању делова за израду ливењем конструктор се мора држати одређених правила и смерница везаних за облик делова, за технолошки процес, за напрезање делова у експлоатационим условима, предвиђање додатка за завршну обраду, итд.

Дакле сваки од поступака наведених на сл. 11.3 захтева од конструктора одређена специфична знања, да би могао извршити обликовање делова с обзиром на њихову технологичност. Технологичност конструкције је мера прилагођености облика конструкције и њених делова процесу технологије израде.

Монтажа такође има велики утицај на облик и цену производа. Трошкови монтаже машинских система са врло великим бројем делова, са компликованим спајањем и подешавањима могу бити врло високи. У том смислу треба се држати следећих смерница:

- број саставних делова система треба бити мањи;
- операције додатне обраде у току монтаже по могућству смањити;

- подешавања у току монтаже поједноставити;
  - монтажа делова мора бити једнозначно дефинисана.
- Због тога при обликовању производа треба узети у обзир следеће:
- одговарајуће машинске спојеве бирати;
  - прецизно дефинисати толеранције делова;
  - једнозначно одредити положај појединих делова у склопу;
  - предвидети довољно простора на конструкцији за алат при монтажи;
  - испунити захтеве са аспекта теротехнолоичности.

### 1.1.5. Конструисање с обзиром на рециклажу

Ограничени ресурси у погледу расположивих конструкционих материјала као и заштита околине условљавају да се по завршеном радном веку употребљени материјали поново користе. У том смислу конструктор мора да зна у којој мери се употребљени материјали могу поново да употребе и рециклирају. Разликује се:

- рециклажа у току израде производа;
- рециклажа у току експлоатације;
- рециклажа по завршеном радном веку производа.

Рециклажа у току израде производа подразумева да се све отпадне материје настале у току израде прераде и поново употребе. Рециклажа у току експлоатације значи да се сва средства потребна за опслуживање и регенерацију радне исправности производа, као и замењени делови поново прераде и употребе. По завршетку радног века машински систем треба демонтирати, а делове, подсклопове и склопове поново прерадити и рециклирати.

За испуњење напред наведених захтева конструктор се при обликовању мора држати следећих правила

**Економична демонтажа.** Треба предвидети да се машина и њени склопови могу ефикасно да демонтирају, тако да се на крају саставни делови (склопови, делови, материјали) могу без проблема поново да прераде. По правилу само исте врсте материјала могу бити ефикасно рециклиране, што подразумева да је саставне делове и склопове могуће на тај начин разврстати.

**Минимизирати број различитих материјала и делова.** Што је број различитих материјала и делова мањи, рециклажа је лакша.

**Употребљене материјале тачно означити.** Ово нарочито важи код примене делова од пластичних маса, јер је њихова рециклажа немогућа уколико материјал није једнозначно означен.

Треба водити рачуна и о утршку енергије потребне за рециклажу.

### 1.1.6. Конструисање са аспекта естетике и ергономије

За продају производа врло битну улогу игра његов изглед. У том погледу без обзира што се на овај начин повећава његова цена, треба задовољити и естетске услове. Међутим, док код осталих критеријума за обликовање постоје

јасне препоруке и правила, код обликовања с обзиром на естетику такве препоруке су јако променљиве и непредвидиве.

Конструкција треба да задовољи и ергономске захтеве (захтеви човек - машина). Руковање и опслуживање машина мора бити без великих напора. У том смислу конструктор мора да води рачуна о следећим захтевима:

- максимална сила на ручицама за управљање,
- дозвољени пут,
- простор дохвата,
- начин активирања (притисни, вучни),
- уградња сигналних и дијагностичких уређаја разних боја, итд.

Обликовање са естетске и ергономске тачке гледишта је веома широка област, која превазилази оквире књиге, те су зато набројани само основни елементи.

### **1.1.7. Рачунаром подржано конструисање**

У савременим условима интензивно се мењају потребе тржишта, систем вредновања и технолошке могућности, тако да актуелна конструкциона решења релативно брзо застаревају. Брзо застаревање констукционих решења има за последицу скраћење иновационог циклуса. Расположиво време за разраду нових или усавршавање постојећих конструкција је све краће, па је потребно убрзавати процес конструисања.

Са слике 11.4. може се уочити да су неке од активности у процесу конструисања репетитивне природе. Поједине активности у наведеном процесу захтевају и подразумевају ангажовање експерата. Међутим, када је методологија јасно дефинисана, стручност експерта више није неопходна. Репетитивност процеса и јасно дефинисана методологија омогућавају интезивну примену рачунара у процесу конструисања. На пример, активности анализе и оптимизације машинских система могу се веома ефикасно спровести уз помоћ рачунара. Када експерт дефинише захтеве које производ треба да задовољи, дефинише концепцијска решења, формулише математички модел и дефинише метод анализе и критеријуме оптимизације, сама анализа и оптимизација може веома брзо и ефикасно да се обави применом рачунара.

Сам рачунар најчешће се дефинише као електронски уређај за процесирање података способан да прима улазне инструкције, складишти сетове инструкција за решавање проблема и генерише излазне податке са великом брзином и тачношћу.

Као последица непрестаног повећања способности савремених рачунара јавља се могућност њихове употребе и у раним фазама процеса конструисања као што су: дефинисање концепата (дефинисање дизајна производа, визуализације концепта уз помоћ анимација), израда техничке документације и спецификација приликом трансфера у фазу производње.

Пример све интензивније употребе рачунара у процесу конструисања је и примена експертских система у бројним областима машинског инжењерства.

Експертски системи у својој бази знања складиште искуства и стручност људских експерата. На тај начин, чак и неискусни конструктор користи стручност и искуства читаве заједнице конструктора која су доступна буквално притиском дирки на тастатури експертског система.

Конструкциона документација може се директно пренети машинама из машинске радионице. Нумерички контролисане алатне машине и роботи који се употребљавају у појединачним случајевима машинске обраде и процесима монтаже могу се директно снабдети неопходним информацијама и инструкцијама са рачунара.



Сл. 11.4. Примена рачунара у процесу развоја производа

Напред изложено даје кратак увид у обим данашње употребе рачунара у процесу конструисања. Процес конструисања, у случају да је потпомогнут употребом рачунара, данас уобичајено називамо као рачунаром подржано конструисање (Computer Aided Design – CAD). Рачунаром подржано конструисање употребљава математичку и графичку моћ процесирања рачунара као помоћ инжењеру у стварању, модификацији, анализи и приказу конструкције.

Важно је напоменути да је у овом процесу рачунар само алат. Можда ће у будућности супер интелигентне машине заменити рачунаре какве познајемо данас али ће основе процеса конструисања у суштини остати неизмењене. Рачунаром подржано конструисање увек треба посматрати са наведеног аспекта.

CAD софтвер је софтвер опште намене који обухвата све рачунарске програме неопходне за примену CAD. Може поделити на три категорије:

- графичке програме (3D моделирање, визуелну презентацију, анимацију, израду техничке документације, ...)
- програми за анализу (прорачуни, симулације, оптимизација);
- експертске системе (базе података: за материјале, машинске елементе, стандарде, алате, моделе; за процену цене, прорачун, ...)

Савремени програмски пакети најчешће обједињују наведене групе софтвера у системе за развој производа.



Сл 11.5. Шематски приказ система за развој производа

### 1.1.7.1 Рачунаром подржан приказ машинских елемената и система

Графички програми у суштини представљају електронске табле за цртање. Заснивају се на векторској графици и омогућавају графички приказ конструкције на екрану конверзијом улазних података у картезијанске координате. Сви графички програми садрже предефинисане елементе који се могу додати цртежу позивањем одређене наредбе. На пример, једначина круга је дата математичком релацијом:

$$(x - a)^2 + (y - b)^2 = r^2$$

Ако корисник графичког програм дефинише координате центра круга  $(a, b)$  и полупречник  $r$ , круг дефинисане величине и положаја ће се појавити на екрану рачунара. Сличан поступак се користи и при представљању осталих геометријских облика.

Комбинација појединачно дефинисаних геометријских елемената омогућава конструктору да створи јединствени дизајн који се уклапа у његове планове. Графички програми конвертују појединачне и групе геометријских облика у основне градивне ћелије које се називају региони. Операцијама са

скуповима (унија, пресек, одузимање) региони се користе при формирању комплексних геометријских облика.

Графички програми подражавају тродимензионално представљање објеката путем:

- жичаног (ивичног) модела (wireframe)
- површинског модела
- запреминског (солид) модела

Жичани модел састоји се из тачака, линија и кривих које описују 3D облик објекта. За разлику од жичаног модела, површински модел поред ивица објекта дефинише и његове површине. Уобичајено се површине дефинишу преко неуниформних ротационих В-крива (NURBS). Велика предност површинског модела је што представља све тачке објекта што омогућава примену нумерички контролисаних машина при обради путем рачунара подржане производње (Computer Aided Manufacturing – CAM).

Запремински модел описан је теменим тачкама, граничним ивицама, граничним површинама и њима захваћеном запремином. Како је тако дефинисан простор пуно тело, другачије се назива и **солид модел**. Запремински модел омогућује одређивање површина пресека, запремине објекта, момената инерције, положаја тежишта. Савремени програмски пакети који се користе у области машинског инжењерства, користе запремински модел као основни модел.

Приликом формирање структуре запреминских (солид) модела може се користити више приступа:

- путем дефинисања *граница објекта графичким елементима*, модел граничне презентације (Boundary REPresentation - B-REP модел).
- путем *састављања модела из 3D примитива*, модел геометријске конструкције (Constructive Solid Geometry - CSG модел).
- путем *3D описа објеката* аналитичким описом пресека, површина, пројекција итд.

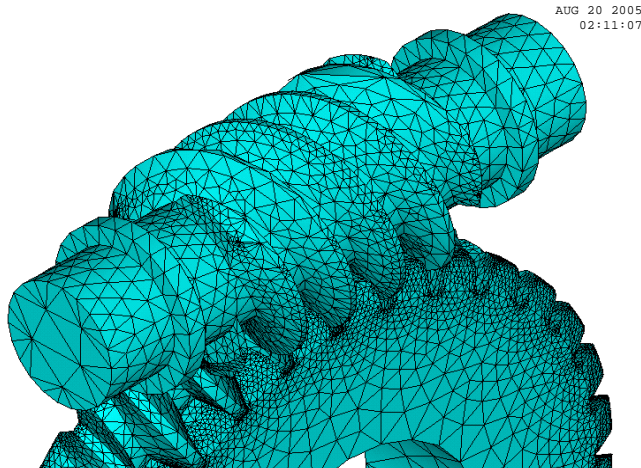
Савремени графички програми омогућавају израду техничке документације по стандардима и олакшавају представљање техничких цртежа и на екрану и на папиру. Неки од графичких програма подржавају уривљање подацима о производу што омогућава колаборативни рад у мрежном окружењу.

### **1.1.7.2 Рачунаром подржана анализа и оптимизација**

Задатак машинских елемената је извршење задате функције, при чему не сме доћи до појаве критичних стања у експлоатационим условима. У процесу конструисања мора се формулисати математички модел машинског елемента и представити његово понашање у експлоатационим условима. Напони који настају у машинском елементу као последица спољашњих оптерећења, или других неповољних околности, морају бити прорачунати и упоређени са дозвољеним напонам.

Математички модел елемента и математички модел оптерећења дефинишу се од стране конструктора. Постоји неколико метода за решавање добијених диференцијалних једначина које описују понашање елемента система чији је машински елемент део. Претходна искуства у решавању сличних диференцијалних једначина могу се ускладиштити у експертском систему који може предложити најподеснији метод за решавање наведених једначина. Конструктор може сам, независно од експертског система, донети одлуку о методи решавања на основу свог искуства у решавању сличних проблема. Метод коначних елемената, метод коначних разлика, метод граничних услова су неки од типичних метода који се могу користити за математичко представљање система и директно нумеричко решавање једначина.

Комплексност појединих машинских елемената и њихове релације са осталим елементима система подразумевају да се некада систем мора анализирати у целини. Прорачуни спроведени од стране човека у овом случају су неуправљиви и осетљиви на грешке. Рачунари се веома ефикасно могу користити при оваквим прорачунима због шаблонских и репетативних поступака које користе све наведене методе.



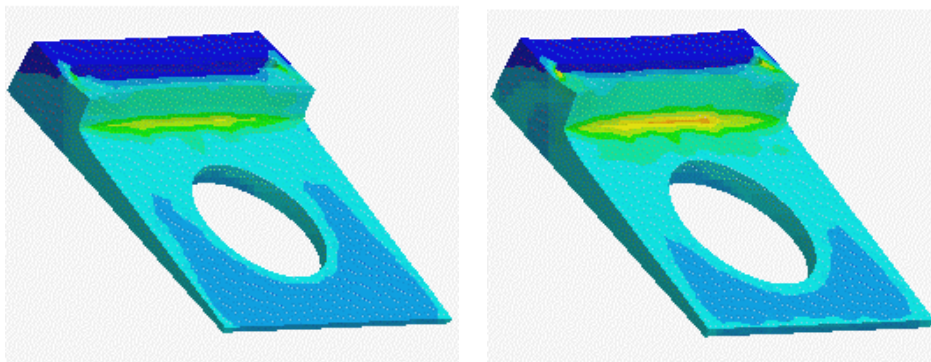
*Сл 11.5. Примена методе коначних елемената при анализи машинских елемената*

Могућност промене параметера конструкције је веома велика па је спровођење оптимизације веома комплексан процес.

Неки од параметара конструкције могу се мењати без икаквих ограничења, док код неких постоје ограничења која се на пример могу огледати у доступности материјала, могућности обраде, геометријских ограничења, итд. Оптимална конструкција мора омогућити да су сва ограничења испоштована и задовољена при испуњавању захтеваног циља.

Иницијална конструкција може се приближно дефинисати на основу претходног искуства или употребом хеуристичких правила садржаних у експертском систему. Конструкција се затим анализира како би се установило да

ли су задовољена сва ограничења. Уколико је овај услов испуњен приступа се процесу оптимизације са циљем побољшања иницијалне констукције. Уколико овај услов није задовољен, приступа се процесу варијације параметара констукције све до коначног испуњења претходно дефинисаних ограничења. У оба случаја нова констукција мора бити поново анализирана како би се установио њен однос према граничним условима система. Током процеса оптимизације најчешће је потребно више пута вршити поновну анализу констукције па је прикладно овај процес учинити ефикаснијим применом рачунара.



Сл 11.6. Примена процеса оптимизације при прорачуну машинских елемената

### 1.1.7.3 Експертски системи

Експертски системи су рачунарски програми чија је база података напуњена знањем прикупљеним од експерата, способна да процесира ускладиштено знање и да решава проблеме на исти начин као и експерт. Ово је релативно нова информациона технологија која је проистакла као резултат истраживања у области вештачке интелигенције (Artificial Intelligence – AI) и може се примењивати у разним областима технике. База података експертских система је структурирана и кодирана тако да систем брзо може да да образложење поступка којим је дошао до одговора. Експертски систем се може користити и при обуци конструктора почетника јер је могуће у облику интерактивног водича пратити кораке које би предузео искусни конструктор.

Израз „експертски систем” односи се на рачунарски програм који је у суштини базиран на комплету хеуристичких правила, детаљних података у оквиру области које су прикупљене током времена од већег броја признатих експерата и које су се показале корисним за решавање одређених инжењерских проблема. Основне карактеристике експертских система су брзина, прецизност и смањење трошкова у процесу конструисања. Поред ових основних, неке од додатних особина експертских система су и:



- Могућност објашњења и оправдања решења, било путем навођења релевантне теорије или цитирањем хеуристичких правила и претходних случајева;
- Сличност у поступцима одлучивања са експертима од којих су преузета знања и искуства;
- Способност решавања проблема при некомплетним или несигурним улазним информацијама;
- Способност категорисања фактора према њиховом значају у процесу решавања проблема;
- Способност комуникације са корисником на лако разумљивом језику;
- Способност учења, јер се решења проблема складиште у бази података и користе при будућим поступцима тражења решења.



Сл 11.6. Шематски приказ експертског система

Изградња експертског система се врши у неколико корака који се састоје у попуњавању базе података од најједноставнијих до најкомплекснијих елемената. База се попуњава најпре концептима, затим правилима и на крају моделима и стратегијама. Попуњена база се тестира посебно дефинисаним случајевима како би се изградио почетни комплет правила и успоставила општа организација експертског система. По завршетку ове фазе врши се накнадни упис информација у базу података како би се проширио њен обим. На крају, експертски систем се тестира у решавању практичних проблема како би се повећала поузданост система при решавању различитих проблема. Приликом изградње експертског система не морају се познавати компликовани програмски језици који се користе за ове намене. Данас постоје комерцијално доступна оквирна решења која се називају шкољкама. Шкољке су експертски системи чије су базе података обрисане тако да су преостале само основне функције закључивања, кориснички интерфејс и средина за складиштење

података. Таква оквирна решења се врло лако попуњавају информацијама које су од интереса за функционисање експертског система. Међутим, пуна функционалност и ефикасност експертског система може достићи само формирањем експертских система који су прилагођени решавању специфичних проблема, што подразумева њихову изградњу од нуле. Основне предности употребе експертских система у процесу конструисања огледају се у:

- Брзој провери прелиминарних концепцијских решења уз могућност поређења неколико алтернативних конструкционих решења
- Стратегији итеративног спровођења процеса конструисања
- Интеграцији разних фаза животног циклуса производа постојањем базе података која је доступна свим организационим јединицама предузећа.

Експертски системи се могу формирати и за анализу и оптимизацију конструкције као и интеграцију ових активности са дефинисањем почетног конструкционог решења.

Иако су веома моћан алат на располагању конструктору, експертски системи нису савршени. Код експертских система је јако тешко обухватити све аспекте конструкције због разнолике структуре проблема, поступака и података као и због њихове могуће примене на различите фазе животног циклуса производа. Често се ови системи програмирају од стране различитих људи, на различитим програмским језицима и на различитом хардверу па је компатибилност уобичајени проблем.

## 1.2. СТАНДАРДНИ БРОЈЕВИ И ТОЛЕРАНЦИЈЕ

### 1.2.1. Стандардизација

Већ на почетку развоја машинске технике појавила се потреба за доношењем јединствених прописа којима би се ограничио број различитих облика и димензија појединих делова са истом функцијом, а исто тако утврдио састав, квалитет и друге карактеристике машинских материјала. Процес припреме, доношења, усвајања и практичне примене ових прописа назива се **стандардизација**, а сами прописи називају се **стандарди**.

Стандардизација у машинству омогућује масовну и економичну примену великог броја истих делова. Делови се производе на различитим местима, а склапају опет на неком трећем месту. Стандардизација олакшава посао конструктору, јер често своди његов посао на одабирање најпогоднијег дела. Стандардизација користи и потрошачу јер олакшава набавку делова тачно одређених димензија, облика и квалитета. Према томе стандардизација поред уштеде времена и материјала обезбеђује већу сигурност, јер су прописи обухваћени стандардима претходно свестрано теоријски и експериментално испитани.

се постићи третманом атрикорозионим уљем. Боље дугорочно деловање и повољне антифрикционе особине постижу се фосфатирањем. Металне превлаке као галванско поцинковање и никловање имају боље заштитно деловање, али треба имати у виду да пресвлаке са преко 15  $\mu\text{m}$  утичу на тачност делова.

### Материјали за синтеровање

Материјали за синтеровањем обликоване делове и њихове карактеристике и ознаке стандардизоване су према DIN 30910 – П13-9.

Материјали за синтеровање разврстани су у различите класе, и означени словним ознакама (табела 13.5). Критеријум за класификацију је порозност изражена кроз однос запремине материјала кроз укупну запремину синтерованог дела. Свака класа материјала зависно од својих карактеристика примењује се у одговарајућим областима.

Табела 13.5. Синтер метали према DIN 30910

Класа материјала	Порозност $\Delta V \times 100 / V$ %	Примена
Sint-AF	>27	Филтери
Sint-A	25 $\pm$ 2,5	Клизни лежаји
Sint-B	20 $\pm$ 2,5	Клизни лежали и носећи делови са анти-фрикционим својствима
Sint-C	15 $\pm$ 2,5	Клизни лежаји и носећи делови
Sint-D	10 $\pm$ 2,5	Носећи делови

Индустрија захтева од металургије праховима дефинисање технологије израде делова високе носивости. Један од важних критеријума високе носивости је издржљивост котрљања. Издржљивост котрљања се дефинише као оптерећење које може да пренесе котрљајући елемент при котрљајном или клизно котрљајном кретању. Као последица котрљања међусобно притиснутих површина јављају се сложена напрезања која доводе до замора површинских слојева. Механичка, хемијска и термичка напрезања површинских слојева доводе до макроскопског и микроскопског разарања и скидања делића материјала притиснутих површина.

**Пример 13.1.** Рукавац вратила израђеног од челика за побољшање С40Е, приказан на слици оптерећен је наизменично променљивим моментом савијања и чисто једносмерно променљивим моментом увијања. Током рада вратила нема ударних оптерећења.

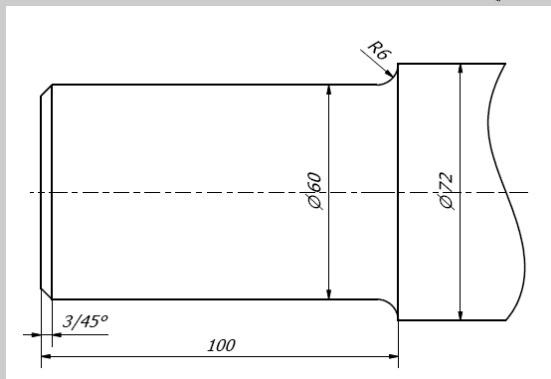
Одредити:

1. Степен сигурности у односу на појаву пластичних деформација
2. Динамички степен сигурности

Подаци:

- Максимални момент савијања  $M_f = \pm 800 \text{ Nm}$
- Максимални момент увијања  $T_{max} = 1200 \text{ Nm}$

- Средња висина неравна површине вратила  $R_z = 6,3 \mu\text{m}$



Сл. 13.18. Рукавац вратила

**Решење:**

Познати подаци:

- Материјал вратила С40Е из прилога П13-2в  $\Rightarrow R_{mN} = 650 \text{ N/mm}^2$ ;  $R_{eN} = 460 \text{ N/mm}^2$ ;  $\sigma_{f(-1)N} = 350 \text{ N/mm}^2$   $\tau_{t(0)N} = 320 \text{ N/mm}^2$
- Рад без удара  $\Rightarrow$  фактор удара –  $K_A = 1$

**1. Степен сигурности у односу на појаву пластичних деформација**

Максимални радни напони (табела 13.1):

- савијање  $\sigma_{f \max} = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{M_{\max}}{\frac{\pi \cdot d^3}{32}} = \frac{800 \cdot 10^3}{\frac{\pi \cdot 60^3}{32}} = 37,726 \text{ N/mm}^2$
- увијање  $\tau_{t \max} = \frac{T_{t \max}}{W_p} = \frac{T_{t \max}}{\frac{\pi \cdot d^3}{16}} = \frac{1200 \cdot 10^3}{\frac{\pi \cdot 60^3}{16}} = 28,294 \text{ N/mm}^2$

Граница течења материјала рукавца вратила (13.18):

$$R_e = K_t \cdot R_{eN} = 0,85 \cdot 460 = 391 \text{ N/mm}^2$$

где је  $K_t = 0,85$  технолошки фактор величине пресека дела – прилог П13-18

За једноставне прорачуне DIN 743 препоручује да вредности радне чврстоће не треба да прекораче границу течења па су према изразу 13.22 вредности границе течења (радне чврстоће) приближно износе

- радна чврстоћа савијања

$$\sigma_{fF} \approx 1,2 \cdot R_e = 1,2 \cdot 391 = 469,2 \text{ N/mm}^2$$

- радна чврстоћа увијања

$$\tau_{tF} \approx 1,2 \cdot R_e / \sqrt{3} = 1,2 \cdot 391 / \sqrt{3} = 270,434 \text{ N/mm}^2$$

Статички степен сигурности у односу на појаву течења (степен

сигурности у односу на појаву пластичних деформација) одређује се према изразу (13.35):

- савијање  $S_{F\sigma} = \frac{\sigma_{fF}}{\sigma_{f\max}} = \frac{469,2}{37,726} = 12,434$
- увијање  $S_{F\tau} = \frac{\tau_{tF}}{\tau_{t\max}} = \frac{270,893}{28,294} = 9,574$

Укупни степен сигурности за жилаве материјале (HDR) одређује се према изразу 13.40:

$$S_F = \frac{S_{F\sigma} \cdot S_{F\tau}}{\sqrt{S_{F\sigma}^2 + S_{F\tau}^2}} = \frac{12,434 \cdot 9,574}{\sqrt{12,434^2 + 9,574^2}} = 7,586 \geq S_{F\min} = 1,2 \dots 1,8$$

## 2. Динамички степен сигурности

Према табели 13.2 амплитудни и средњи напони су:

- чисто наизменично променљиво савијање  
 $\sigma_{af} = \sigma_{f\max} = 37,726 \text{ N/mm}^2$ ;  $\sigma_{mf} = 0 \text{ N/mm}^2$
- чисто једносмерно променљиво увијање  
 $\tau_{at} = \tau_{mt} = \frac{\tau_{t\max}}{2} = \frac{28,294}{2} = 14,174 \text{ N/mm}^2$ ;

Динамичка издржљивост рукавца вратила

- у односу на савијање  
 $\sigma_{Df(-1)} = K_t \cdot \sigma_{f(-1)N} = 0,85 \cdot 325 = 276,25 \text{ N/mm}^2$
- у односу на увијање  
 $\tau_{Dt(0)} = K_t \cdot \tau_{t(0)N} = 0,85 \cdot 320 = 272 \text{ N/mm}^2$

Ефективни фактор концентрације напона П13-21:

- у односу на савијање  
 $\beta_{kf} = 1 + c_f (\beta_{k(2,0)} - 1) = 1 + 0,45 \cdot (1,625 - 1) = 1,281$   
 $c_f = 0,45$ ;  $\beta_{k(2,0)} = 1,625$  – П13-21
- у односу на увијање  
 $\beta_{kt} = 1 + c_t (\beta_{k(1,4)} - 1) = 1 + 0,8 \cdot (1,2 - 1) = 1,16$   
 $c_t = 0,8$ ;  $\beta_{k(1,4)} = 1,2$  – П13-21

Фактор ојачања површинског слоја  $K_V$  (П13-19):

- за челике за побољшање (термички поступак, сви поступци)  
 $K_V = 1,1$

Фактор квалитета обрађене површине  $K_O$  – П13-17 (ваљани челик):

- у односу на савијање

$$K_{O\sigma} = 1 - 0,22 \cdot \lg R_z \left( \lg \frac{R_m}{20} - 1 \right) = 1 - 0,22 \cdot \lg 6,3 \left( \lg \frac{650}{20} - 1 \right) = 0,888$$

- у односу на увијање

$$K_{O\tau} = 0,575 \cdot K_{O\sigma} + 0,425 = 0,575 \cdot 0,888 + 0,425 = 0,963$$

Геометријски фактор величине  $K_g$  (П13-18б):  $K_g = 0,86$

Фактор конструкције:

- за нормални напон  $K_\sigma$  (13.29)

$$K_\sigma = \left( \frac{\beta_{k\sigma}}{K_g} + \frac{1}{K_{O\sigma}} - 1 \right) \cdot \frac{1}{K_V} = \left( \frac{1,281}{0,86} + \frac{1}{0,888} - 1 \right) \cdot \frac{1}{1,1} = 1,469$$

- за тангентни напон  $K_\tau$  (13.30)

$$K_{D\tau} = \left( \frac{\beta_{k\tau}}{K_g} + \frac{1}{K_{O\tau}} - 1 \right) \cdot \frac{1}{K_V} = \left( \frac{1,16}{0,86} + \frac{1}{0,936} - 1 \right) \cdot \frac{1}{1,1} = 1,288$$

Динамичка издржљивост машинског дела (13.32):

- у односу на савијање  $\sigma_{Df(-)M} = \frac{\sigma_{Df(-)}}{K_{D\sigma}} = \frac{276,25}{1,469} = 188,053 \text{ N/mm}^2$

- у односу на увијање  $\tau_{Dt(-)M} = \frac{\tau_{Dt(-)}}{K_{D\tau}} = \frac{272}{1,288} = 211,180 \text{ N/mm}^2$

Зависност од средњег напона за ваљане челике (слика 13.15):

- у односу на савијање

$$M_\sigma = 0,00035 R_m - 0,1 = 0,00035 \cdot 650 - 0,1 = 0,128 \text{ N/mm}^2$$

- у односу на увијање

$$M_\tau = f_\tau \cdot M_\sigma = 0,58_\tau \cdot 0,128 = 0,074 \text{ N/mm}^2$$

где је:  $f_\tau = 0,58$  – фактор за прорачун карактеристика издржљивости материјала (П13-15а, смицање)

Еквивалентни средњи напон (13.34, челик – жилави материјал; хипотеза HDR):

- у односу на савијање

$$\sigma_{mv} = \sqrt{(\sigma_{fm} + \sigma_{fm})^2 + 3 \cdot \tau_{mv}^2} = \sqrt{(0+0)^2 + 3 \cdot 14,174^2} = 24,55 \text{ N/mm}^2$$

- у односу на увијање

$$\tau_{mv} = f_\tau \cdot \sigma_{mv} = 0,58 \cdot 24,55 = 14,239 \text{ N/mm}^2$$

Анализом оптерећења рукавца вратила може се закључити да са порастом оптерећења расте и средњи напон али је коефицијент асиметрије циклуса константан што одговара **случају оптерећења S2** - сл. 13.15,б ( $R=\text{const}$ )

Према томе амплитуде динамичке издржљивости дела износе:

- у односу на савијање

$$\sigma_{AM} = \frac{\sigma_{Df(-1)M}}{1 + M_{\sigma} \cdot \sigma_{mv} / \sigma_{af}} = \frac{188,053}{1 + 0,128 \cdot 24,55 / 37,726} = 173,593 \text{ N/mm}^2$$

- у односу на увијање

$$\tau_{AM} = \frac{\tau_{Dt(-1)M}}{1 + M_{\tau} \cdot \tau_{mv} / \tau_{at}} = \frac{211,118}{1 + 0,074 \cdot 14,239 / 14,174} = 196,51 \text{ N/mm}^2$$

Амплитудни степен сигурности (13.37):

- у односу на савијање  $S_{A\sigma} = \frac{\sigma_{AM}}{\sigma_{af}} = \frac{173,593}{37,726} = 4,601$
- у односу на увијање  $S_{A\tau} = \frac{\tau_{AM}}{\tau_{at}} = \frac{191,51}{14,174} = 13,511$

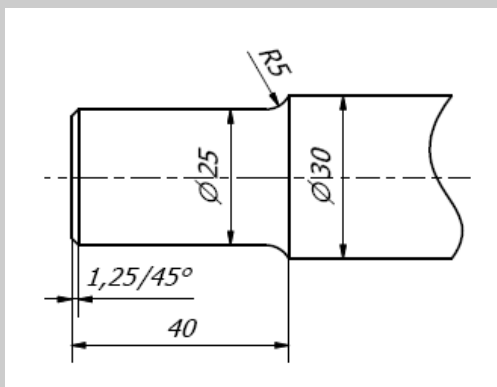
Укупни амплитудни степен сигурности за жилаве материјале (HDR) одређује се према изразу 13.40:

$$S_A = \frac{S_{A\sigma} \cdot S_{A\tau}}{\sqrt{S_{A\sigma}^2 + S_{A\tau}^2}} = \frac{4,601 \cdot 13,511}{\sqrt{4,601^2 + 13,511^2}} = 4,355 \geq S_{Amin} = 1,2$$

**Пример 13.2.** Вратило израђено од конструкционог челика E295, оптерећено је чисто наизменично променљивим моментом савијања и статичким моментом увијања (сл. 13.19). Током рада вратила нема ударних оптерећења али максимално оптерећење може бити до 50 % веће од номиналног.

Одредити:

1. Статичку чврстоћу и резерву носивости у критичном пресеку II вратила
2. Динамички степен сигурности у критичном пресеку I вратила



Сл. 13.19. Вратило напругнуто на увијање и савијање

Подаци:

- Максимални момент савијања вратила  $M_f = \pm 120 \text{ Nm}$
- Момент увијања вратила  $T_t = 180 \text{ Nm}$
- Средња висина неравна површине вратила  $R_z = 12,5 \text{ }\mu\text{m}$

Решење:

Познати подаци:

- Материјал вратила E295 из прилога П13-2а  $\Rightarrow R_{mN} = 490 \text{ N/mm}^2$ ;  
 $R_{eN} = 295 \text{ N/mm}^2$ ;  $\sigma_{f(-)N} = 195 \text{ N/mm}^2$   $\tau_{t(0)N} = 205 \text{ N/mm}^2$
- Рад без удара  $\Rightarrow$  фактор удара –  $K_A = 1$

### 1. Статичка чврстоћа и резерва носивости у критичном пресеку вратила

Максимални радни напони (табела 13.1):

- од савијања

$$\sigma_{f \max} = \frac{1,5 \cdot M_{\max}}{W} = \frac{1,5 \cdot M_{\max}}{\frac{\pi \cdot d^3}{32}} = \frac{1,5 \cdot 120 \cdot 10^3}{\frac{\pi \cdot 25^3}{32}} = 117,342 \text{ N/mm}^2$$

- од увијања

$$\tau_{t \max} = \frac{1,5 \cdot T_{t \max}}{W_p} = \frac{1,5 \cdot T_{t \max}}{\frac{\pi \cdot d^3}{16}} = \frac{1,5 \cdot 180 \cdot 10^3}{\frac{\pi \cdot 25^3}{16}} = 88,006 \text{ N/mm}^2$$

Граница течења рукавца вратила (13.18):

$$R_e = K_t \cdot R_{eN} = 0,93 \cdot 295 = 274,35 \text{ N/mm}^2$$

где је  $K_t = 0,93$  технолошки фактор величине пресека дела – прилог П13-18

На исти начин као у претходном примеру, према изразу (13.22) границе течења (радне чврстоће) су приближно

- радна чврстоћа савијања

$$\sigma_{fF} \approx 1,2 \cdot R_e = 1,2 \cdot 274,35 = 329,22 \text{ N/mm}^2$$

- радна чврстоћа увијања

$$\tau_{tF} \approx 1,2 \cdot R_e / \sqrt{3} = 1,2 \cdot 274,35 / \sqrt{3} = 190,075 \text{ N/mm}^2$$

Статички степен сигурности у односу на појаву течења одређује се према изразу (13.35):

- степен сигурности савијања  $S_{F\sigma} = \frac{\sigma_{fF}}{\sigma_{f \max}} = \frac{329,22}{117,342} = 2,806$

- степен сигурности увијања  $S_{F\tau} = \frac{\tau_{tF}}{\tau_{t \max}} = \frac{190,075}{88,006} = 2,16$

Укупни степен сигурности за жилаве материјале (HDR) одређује се према изразу (13.40):



$$S_F = \frac{S_{F\sigma} \cdot S_{F\tau}}{\sqrt{S_{F\sigma}^2 + S_{F\tau}^2}} = \frac{2,806 \cdot 2,16}{\sqrt{2,806^2 + 2,16^2}} = 1,711 \geq S_{F\min} = 1,2 \dots 1,8$$

За одређивање резерве носивости потребно је спровести потпуни прорачун чврстоће у односу на појаву течења према изразу (13.19):

- радна чврстоћа савијања

$$\sigma_F = \frac{f_\sigma \cdot R_e}{K_B} = \frac{f_\sigma \cdot R_e}{1/n_{pl}} = f_\sigma \cdot n_{pl} \cdot R_e = 1 \cdot 1,7 \cdot 274,35 = 466,395 \text{ N/mm}^2$$

где је:  $f_\sigma = 1$  – фактор за прорачун карактеристика издржљивости материјала (П13-15а, затез.-прит.)

$n_{pl} = 1,7$  – фактор осетљивости на пластичне деформације при савијању (П13-12а)

$$n_{pl} = (1050/R_e)^{1/2} = (1050/274,35)^{1/2} = 1,965 \leq \alpha_{fp} = 1,7$$

- радна чврстоћа увијања

$$\tau_F = \frac{f_\tau \cdot R_p}{K_B} = \frac{f_\tau \cdot R_p}{1/n_{pl}} = f_\tau \cdot n_{pl} \cdot R_p = 0,58 \cdot 1,33 \cdot 274,35 = 211,634 \text{ N/mm}^2$$

где је:  $f_\tau = 0,58$  – фактор за прорачун карактеристика издржљивости материјала (П13-15а, смицање)

$n_{pl} = 1,33$  – фактор осетљивости на пластичне деформације при увијању (П13-12а)

$$n_{pl} = (1050/R_e)^{1/2} = (1050/274,35)^{1/2} = 1,956 \leq \alpha_{fp} = 1,33$$

Статички степен сигурности у односу на појаву течења:

- савијање  $S_{F\sigma} = \frac{\sigma_{fF}}{\sigma_{f\max}} = \frac{466,395}{117,342} = 3,975$

- увијање  $S_{F\tau} = \frac{\tau_{tF}}{\tau_{t\max}} = \frac{211,634}{88,006} = 2,405$

Укупни степен сигурности:

$$S_F = \frac{S_{F\sigma} \cdot S_{F\tau}}{\sqrt{S_{F\sigma}^2 + S_{F\tau}^2}} = \frac{3,975 \cdot 2,405}{\sqrt{3,975^2 + 2,405^2}} = 2,058$$

Због локалних пластичних деформација, вратило може поднети до 20 % веће оптерећење без оштећења ( $S_F/S_F = 2,058/1,711 = 1,2$ ).

## 2. Динамички степен сигурности

Статичка чврстоћа машинског дела:  $R_m = K_t \cdot R_{mN} = 1 \cdot 490 = 490 \text{ N/mm}^2$

где је  $K_t = 1$  технолошки фактор величине пресека дела за границу течења (динамичко напрезање) – прилог П13-18

Максимални радни напони (табела 13.1):

- од савијања  $\sigma_{f \max} = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{M_{\max}}{\frac{\pi \cdot d^3}{32}} = \frac{120 \cdot 10^3}{\frac{\pi \cdot 25^3}{32}} = 78,228 \text{ N/mm}^2$
- од увијања  $T_{t \max} = \frac{T_{t \max}}{W} = \frac{T_{t \max}}{\frac{\pi \cdot d^3}{16}} = \frac{180 \cdot 10^3}{\frac{\pi \cdot 25^3}{16}} = 58,671 \text{ N/mm}^2$

Према табели 13.2 амплитудни и средњи напони су:

$$\sigma_{af} = \sigma_{f \max} = 78,228 \text{ N/mm}^2; \sigma_{mf} = 0 \text{ N/mm}^2$$

Динамичка издржљивост рукавца вратила

$$\sigma_{Df(-1)} = K_t \cdot \sigma_{f(-1)N} = 1 \cdot 195 = 195 \text{ N/mm}^2$$

Ефективни фактор концентрације напона од савијања на месту жлеба за клин (П13-22):

$$\beta_{kf1} = 1,9$$

Ефективни фактор концентрације напона од савијања на месту промене пречника вратила (П13-21):

$$\beta_{kf2} = 1 + c_f (\beta_{k(2,0)} - 1) = 1 + 0,45 \cdot (1,12 - 1) = 1,104$$

$$c_f = 0,45 (D/d = 30/25 = 1,2); \beta_{k(2,0)} = 1,23 (\rho/d = 5/25 = 0,2) - \text{П13-21}$$

Укупни ефективни фактор концентрације напона (13.29):

$$\beta_{kf} \leq 1 + (\beta_{kf1} - 1) + (\beta_{kf2} - 1) = 1 + (1,9 - 1) + (1,104 - 1) = 2,004$$

Фактор ојачања површинског слоја  $K_V$  (П13-19):

$$\text{за конструкционе челике } K_V = 1$$

Фактор квалитета обрађене површине  $K_O$  – П13-17 (ваљани челик):

$$K_{O\sigma} = 1 - 0,22 \cdot \lg R_z \left( \lg \frac{R_m}{20} - 1 \right) = 1 - 0,22 \cdot \lg 12,5 \left( \lg \frac{490}{20} - 1 \right) = 0,849$$

Геометријски фактор величине  $K_g$  (П13-18e):  $K_g = 0,86$

Фактор конструкције за нормалне  $K_\sigma$  напоне (13.29):

$$K_\sigma = \left( \frac{\beta_{k\sigma}}{K_g} + \frac{1}{K_{O\sigma}} - 1 \right) \cdot \frac{1}{K_V} = \left( \frac{2,004}{0,86} + \frac{1}{0,849} - 1 \right) \cdot \frac{1}{1} = 2,508$$

Динамичка издржљивост машинског дела (13.32):

$$\sigma_{Df(-1)M} = \frac{\sigma_{Df(-1)}}{K_{D\sigma}} = \frac{195}{2,058} = 94,752 \text{ N/mm}^2$$

Зависност од средњег напона за ваљане челике (слика 13.15):

$$M_\sigma = 0,00035 R_m - 0,1 = 0,00035 \times 490 - 0,1 = 0,072 \text{ N/mm}^2$$

Упоредни средњи напон (13.34, челик – жилави материјал; хипотеза HDR):

$$\sigma_{mv} = \sqrt{(\sigma_{fpm} + \sigma_{fm})^2 + 3 \cdot \tau_{tm}^2} = \sqrt{(0+0)^2 + 3 \cdot 58,671^2} = 101,621 \text{ N/mm}^2$$

Анализом оптерећења рукавца вратила може се закључити да са порастом оптерећења средњи напон остаје константан што одговара **случају оптерећења S1** - сл. 13.15,a ( $\sigma_{mv} = \text{const}$ )

Према томе амплитуда динамичке издржљивости дела је:

$$\sigma_{AM} = \sigma_{D(-1)M} - M_{\sigma} \times \sigma_{mv} = 94,752 - 0,072 \times 101,621 = 87,435 \text{ N/mm}^2$$

Амплитудни степен сигурности (13.37):

$$S_{A\sigma} = \frac{\sigma_{AM}}{\sigma_{af}} = \frac{87,435}{78,118} = 1,118$$

Како је израчунати степен сигурности мањи од минималног дозвољеног  $S_{A\text{min}} = 1,2$ , може се закључити да вратило нема потребну динамичку носивост.

## 1.4. ТРИБОЛОГИЈА

### 1.4.1. Функција и начин рада

При димензионисању машинских елемената један од основних конструкционих захтева (види тачку 1.1.3) је да испуне задату функцију уз минималне енергетске губитке везане за трење и хабање. Код кочница и фрикционих точкова, напротив захтева се да отпори трења буду већи. Постоје и захтеви за бешумним радом. Дакле у процесу конструисања потребно је решавати јако сложене проблеме везане за трибологију.

*Трибологија је наука о узајамном деловању површина које су у контакту уз њихово међусобно релативно кретање. Обухвата заједничко подручје трења и хабања, укључујући подмазивање и закључно одговарајуће граничне случајеве како између самих чврстих тела тако и између чврстих тела, течности или гасова.*

За теоријска разматрања стварни контакт два тела приказује се као триболошки систем са одговарајућим параметрима (сл.14.1).

За покретно и непокретно тело потребно је разјаснити, који материјали одн. парови материјала могу да се користе, који су захтеви за контактне површине постављени (неравнине, чврстоћа, корозиона заштита), које врста релативног кретања постоје (клизање, котрљање, ваљање), која напрезања се срећу у контакту (силе, притисци) и који механизми оштећења (механизам хабања) се очекују. У вези са међуматеријалима је поред осталог од значаја, која средства за подмазивање могу да се користе (коэффицијент трења, коэффициент одвођења топлоте, довод средства за подмазивање) и како контаминанти у мазиву утичу на напрезање делова у контакту. У услове окружења убрајају се нпр. климатски односи (температура, влажност ваздуха).

Табела П13-1а. Примена опитних конструкционих челика

Ознака EN 10025	Подручје примене
S185	Само за конструкције нижег квалитета са малим захтевима.
S235JR S235JRG1 S235JRG2 S235JO S235J2G3	Уобичајени челик за делове израђене ковањем без посебних захтева у погледу жиљавости. За делове израђене пресовањем, истискивањем и другим сличним поступцима, за прирубнице, арматуре и осовинице. За израду заваривањем, тј. најчешће коришћени челик за челичне конструкције.
S275JR S275JO S275J2G3	За делове изложене ударним и наизменично променљивим оптерећењима као што су вратила и осовине, који нису изложени знатном хабању. У ваљаном и кованом стању су заварљиви.
S355JO S355J2G3	Челик са добром заварљивошћу намењен за динамички оптерећене челичне конструкције.
E 295	Средњи до високо оптерећени делови погонских система, јако оптерећена вратила, коленаста вратила и вретена. Примена и за делове који имају природну тврдоћу као што су клипови, полуге, осовинице и некаљени зупчаници.
E 335	За делове са високим површинским притиском и клизањем (клинови са и без нагиба, чивије, зупчаници, пужеви и вретена).
E 360	За високо напрегнуте делове отпорне на хабање, као што су брегаста вратила, точкови, ваљци итд. Не препоручују се за наизменично променљива напрезања.

Табела П13-1б. Примена побољшаних челика

Ознака EN 10083	Подручје примене
C 22E, C25E, C30E, C 35E	Вратила, полуге са попречним пресеком < 100 mm. Прирубнице, завртњевци, навртке, осовинице, вретена, осовине, велики зупчаници.
C40E, C45E, C50E, C55E, C60E, 28Mn6	Разне врсте полука, коленаста и брегаста вратила, опруге, носачи опруга и мањи зупчаници.
38Cr2, 46Cr2, 34Cr4	Коленаста вратила, зупчаници, сферни зглобови, лака вретена, полуге...
37Cr4, 41Cr4	Осовине, вратила, зупчаници, цилиндри...
25CrMo4, 34CrMo4	Делови погонских система, вентили, делови трансмисије аутомобила, карданово вратило.
42CrMo4, 50CrMo4	Полуге за возила, зупчаници, вратила.
36CrNiMo4, 34CrNiMo6, 30CrNiMo8, 36NiCrMo16, 51CrV4	Високо напрегнута делови, опруге за возила и вентиле, ковани делови великих димензија.

Табела П13-1в. Примена цементираних челика

Ознака DIN EN 10084	Подручје примене
C10E, C15E	Делови мањих димензија, осовинице, чауре, рукавци, полуге, виљушке, осовине, вретена.
17Cr3, 28Cr4, 16MnCr 5	Делови за већа оптерећења, мали зупчаници и вратила, брегаста вратила, ваљчићи, вретена, мерни алати.
20MnCr5, 20MnCr4	Делови са директним отврдњавањем и високом чврстоћом језгра, зупчаници и вратила средње величине, преносници и трансмисија возила.
22CrMoS3-5, 22NiCrMo2-2	Делови са директним отврдњавањем, високо напрегнута делови преносника са врло високом жиљавошћу.
17CrNi6-6, 18CrNiMo7-6	Делови са врло високом чврстоћом, зупчаници, брегаста вратила, конусни зупчаници, зглобни ланци

Табела П13-2а. Карактеристике чврстоће и издржљивости у  $N/mm^2$  топловаљаних нелегираних конструкционих челика према DIN EN 10025

Ознака материјала		A % min.	$R_{mN}$ min.	$R_{eN}$ $R_{p0,2N}$ min.	$\sigma_{zd(-)N}$ ( $\sigma_{zd(0)N}$ )	$\sigma_{fl(-)N}$ ( $\sigma_{fl(0)N}$ )	$\tau_{fl(-)N}$ ( $\tau_{fl(0)N}$ )	фактор цене $K_c$
DIN EN 10025	Број материјала							
S235JR S235J0 S235J2	1.0037 1.0114 1.0117	26	360	235	140 (225)	180 (270)	105 (160)	1
S275JR S275J0 S275J2	1.0044 1.0143 1.0145	22	430	275	170 (270)	215 (320)	125 (190)	1,05
S355JR S355J0 S355J2 S355K2	1.0045 1.0553 1.0577 1.0596	22	510	355	205 (325)	255 (380)	150 (245)	
S450J0	1.0590	17	550	450	220 (400)	275 (505)	165 (310)	
S185	1.0035	18	310	185	–	–	–	
E295	1.0050	20	490	295	195 (295)	245 (355)	145 (205)	1,1
E335	1.0060	16	590	335	235 (335)	290 (400)	180 (230)	1,7
E340	1.0070	11	690	360	275 (360)	345 (430)	205 (250)	

Топловаљани нелегирани основни и квалитетни челици без намене за термичком обрадом, чије су основне карактеристике затезна чврстоћа и граница течења. Првенствено се примењују на температури околине код заварених, закованих и завртњевима причвршћеним деловима.  
 Модул еластичности:  $E = 210\,000\text{ N/mm}^2$ ; Модул клизања:  $G = 81\,000\text{ N/mm}^2$   
 Вредности у табели односе се за номинални пречник  $d_N = 16\text{ mm}$ ; A – издужење при лому

Табела П13-2б. Карактеристике чврстоће и издржљивости у  $N/mm^2$  челика за заваривање, ситнозрнасте структуре, отпуштени према DIN EN 10113-2

Ознака материјала		A % min.	$R_{mN}$ min.	$R_{eN}$ $R_{p0,2N}$ min.	$\sigma_{zd(-)N}$ ( $\sigma_{zd(0)N}$ )	$\sigma_{fl(-)N}$ ( $\sigma_{fl(0)N}$ )	$\tau_{fl(-)N}$ ( $\tau_{fl(0)N}$ )	фактор цене $K_c$
DIN EN 10113-2	Број материјала							
S275N (NL) S275M (ML)	1.0490 1.8818	24	370	275	150 (275)	185 (275)	110 (190)	
S355N (NL) S355M (ML)	1.0545 1.8823	22	470	355	190 (355)	235 (425)	140 (245)	1,8
S420N (NL) S420M (ML)	1.8902 1.8825	19	520	420	210 (390)	260 (480)	155 (295)	
S460N (NL) S460M (ML)	1.8901 1.8827	17	540	460	215 (395)	270 (495)	160 (305)	2,2

Оптимална примена код високих напрезања на затезање у подручју временске издржљивости са малим амплитудама: - код лаких конструкција, - код каросерија моторних возила, - дизалица итд.  
 Модул еластичности:  $E = 210\,000\text{ N/mm}^2$ ; Модул клизања:  $G = 81\,000\text{ N/mm}^2$   
 Вредности у табели односе се за номинални пречник  $d_N = 16\text{ mm}$ ; A – издужење при лому

Прилог Пб. Упоредни приказ техничких израза на српском, енглеском и немачком језику

српски	englisch	deutsch	Oznaka (Index)
Аксијални	Axial	Axial	( <i>x</i> )
Аксијални корак	Axial pitch	Axialteilung	$p_x$
Аксијални модул	Axial module	Axialmodul	$m_x$ ( <i>m</i> )
Аксијални пресек	Axial plane	Axialschnitt	( <i>x</i> )
Аксијални зазор	Axial backlash	Axialspiel	$j_x$
Активна дужина додирнице	Length of recess path	Austritt-Eingriffsstrecke	$g_a$
Активна дужина додирнице	Length of path of contact	Eingriffsstrecke	$g_a$ ( <i>g</i> )
Активна дужина додирнице еквивалентног зупчастог пара	Length of path of contact of virtual spur gear toothing	Eingriffsstrecke der Ersatz-Stirnradverzahnung	$g_{va}$
Активна дужина додирнице подножја зупца	Length of dedendum path of contact	Fußeingriffsstrecke	$g_{ef}$
Активна дужина додирнице теменог дела зупца	Length of addendum path of contact	Kopfeingriffsstrecke	$g_{oa}$
Активни део додирнице почетка спрезања (теменог дела зупца)	Length of approach path	Eintritt-Eingriffsstrecke	$g_t$
Алат	Tool	Werkzeug	( <i>O</i> )
Бочни зазор	Backlash	Flankenspiel	$j$ ( <i>j</i> )
Број	Number	Anzahl	$N_i$ ( <i>N</i> )
Број циклуса	Number of cycles	Anzahl der Lastwechsel	$N_L$
Број обртаја	Number of revolutions	Drehzahl	$n$ ( <i>n</i> )
Број обртаја гоњеног зупчника	Number of revolutions of the driven gear	Drehzahl des getriebenen Rades	$n_b$
Број обртаја погонског зупчника	Number of revolutions of the driving gear	Drehzahl des treibenden Rades	$n_a$
Број зубаца	Number of teeth	Zähnezahl	$z$ , ( <i>z</i> )
Број зубаца или број подеоних корака	Number of a tooth or of a pitch	Zahnnummer oder Teilungsnummer	$k$
Број зубаца у захвату	Number of teeth in a span	Anzahl der Zähne in einer Spanne	( <i>k</i> )
Брзина	Speed	Geschwindigkeit	( <i>v</i> )
Брзина клизања	Sliding speed	Gleitgeschwindigkeit	$v_g$
Централни мали зупчник код планетарних преносника	Sun pinion	Zentralritzel beim Planetengetriebe	( <i>Z</i> ), ( <i>sun</i> )
Централни угао	Angle at the center	Zentriwinkel	$j$
Чеони модул	Transverse module	Stirnmodul	$m_t$
Чеони пресек	Transverse plane	Stirnschnitt	( <i>t</i> )
Чеони спрежни корак	Transverse pitch on path of contact	Stirneingriffsteilung	$p_{et}$
Чеоно спрезање	Transverse contact	Stirneingriff	( <i>a</i> )
Дебљина премаза боје код утврђивања слике ношења	Thickness of color layer in testing for contrast pattern	Dicke der Kontrastmittelschicht bei der Tragbildprüfung	$s_c$
Дебљина зупца	Tooth thickness	Zahndicke	$s$ ( <i>s</i> )
Деформација	Deformation	Verformung	$\delta$
Десни	Right hand, right	Rechts	( <i>R</i> )
Десни бок	Right flank	Rechtsflanke (R)	( <i>R</i> )
Динамичка издржљивост бокова зубаца (трајна динамичка издржљивост бокова $\sigma_{Hlim}$ )	Strength for Hertzian stress (endurance limit $\sigma_{Hlim}$ )	Festigkeitswert für die Hertzsche Pressung (bei Dauerfestigkeit $\sigma_{Hlim}$ )	$\sigma_{Hlim}$
Динамичка издржљивост подножја зубаца (трајна динамичка издржљивост подножја $\sigma_{Flim}$ )	Strength for tooth root stress (endurance limit $\sigma_{Flim}$ )	Festigkeitswert für die Biegespannung am Zahnfuß (bei Dauerfestigkeit $\sigma_{Flim}$ )	$\sigma_{Flim}$
Динамичка вискозност уља	Dynamic viscosity of the oil	Dynamische Viskosität des Öles	$\eta$
Динамички	Dynamic	Dynamisch	( <i>dyn</i> )
Доња гранична вредност	Lower boundary value	Unterer Grenzwert	( <i>i</i> )
Допунски конус или еквивалентни цилиндрични пар конусног пара	On back cone (or virtual cylindrical gear of a bevel gear)	Ergänzungskegel oder virtuelles Stirnrad eines Kegelrades	( <i>v</i> )
Дозвољена гранична вредност	Permissible limit	Zulässiger Grenzwert	( <i>doz</i> )
Дозвољена снага (бок)	Permissible transmitted power (flank)	Zulässige übertragbare Leistung (Flanke)	$P_{HP}$
Дозвољени напон у подножју зупца	Permissible tooth root stress	Zulässige Zahnfußbeanspruchung	$\sigma_{FP}$
Дозвољени притисак на боку зупца (Дозвољени Херцов притисак)	Permissible contact stress (allowable Hertzian pressure)	Zulässige Flankenpressung (Zulässige Hertzsche Pressung)	$\sigma_{HP}$
Дубина зареза код брушења	Length (design)	Schleifkerbtiefe	$t_g$
Дужина (конструкције)	Length of end relief	Länge (Konstruktion)	$L$

српски	englisch	deutsch	Oznaka (Index)
Дужина корекције	Correction length	Länge der Endrücknahme	$b_e$
Дужина котрљања	Rolling length	Wälzlänge	$L$
Дужина пужа	Worm face width	Schneckenlänge	$b_1$
Дужина слике ношења (обележавање контакта)	Length of tooth bearing (contact marking)	Länge des Zahntragbildes (Kontaktmarkierung)	$b_{co}$
Дужина зупца	Face width	Zahnbreite	$b, (b)$
Двобочно спрезање	Double-flank engagement	Zweiflankeneingriff	(*)
Ефекат концентрације напона	Stress concentration effect	Kerbwirkung	(s)
Ефективна вредност	Effective values	Tatsächlich (Effektiv)	(eff)
Ексцентрицитет	Eccentricity	Exzentrizität (Außermitigkeit)	$f_e (e)$
Експонент	Exponent	Exponent	$N$
Еквивалентни број зубаца (број зубаца еквивалентног цилиндричног пара према Tredgold-у)	Virtual number of teeth (of the virtual spur gear of the back cone of a bevel gear)	Ergänzungszähnezahl (virtuelle Zähnezahl) bei Kegelrädern	$z_v$
Еквивалентни радијус кривине	Radius of conformity	Ersatzkrümmungsradius	$\rho_{red}$
Еластичност материјала	Elasticity of material	Elastizität des Werkstoffes	(E)
Епрувета са зарезом	Grooved sample	Gekerbte Probe	(k)
Епрувета за храпавост	Rough sample	Rauhe Probe	(Δ)
Фактор осетљивости материјала на концентрацију напона за издржљивост или чврстоћу прорачуваног зупчаника	Sensitivity factor for endurance limit or for static strength of the to be determined	Stützziffer für die Festigkeit des zu berechnenden Zahnrades	$Y_\delta$
Фактор	Factor	Faktor	$K$
Фактор брзине код прорачуна бока зупца	Speed factor for Hertzian stress	Geschwindigkeitsfaktor für Flankenbeanspruchung	$Z_v$
Фактор еластичности материјала	Elasticity factor	Elastizitätsfaktor	$Z_E$
Фактор фиктивног броја зубаца	Factor of virtual gear number of teeth	Ersatzzähnezahl-Faktor	$z_n^*$
Фактор геометрије код заривавања	Geometry factor for scuffing	Geometriefaktor für Fressen	$X_B$
Фактор граничне мере	Change factor	Abmaßfaktor	$A^*, (*)$
Фактор храпавости	Roughness factor	Rauheitsfaktor	$X_R$
Фактор храпавости за прорачун носивости бокова зубаца	Roughness factor for Hertzian stress	Rauheitsfaktor für Flankenbeanspruchung	$Z_R$
Фактор једноструке спреге малог зупчаника	Pinion single tooth contact factor	Ritzel-Einzeleingriffsfaktor	$Z_B$
Фактор клизања	Sliding factor	Gleitfaktor	$K_K$
Фактор концентрације напона	Stress correction factor	Spannungskorrekturfaktor	$Y_S$
Фактор конусних зупчаника	Bevel gear root factor	Kegelradfaktor	$Y_K$
Фактор корекције теменог дела зупца (заривавање)	Tip relief factor	Kopfrücknahmefaktor (Fressen)	$X_{ca}$
Фактор корекције за конусне зупчаника		Korrekturfaktor für Kegelradverzahnungen	$Y_K$
Фактор косих зубаца (бок)	Helix angle factor for contact stress	Schrägenfaktor (Flanke)	$Z_\beta$
Фактор косих зубаца (подножје)	Helix angle factor for tooth root stress	Schrägenfaktor (Fuß)	$Y_\beta$
Фактор косих зубаца (заривавање)	Helix angle factor (scuffing)	Schrägenfaktor (Fressen)	$X_\beta$
Фактор нападаног угла	Pressure angle factor	Eingriffswinkelfaktor	$X_\alpha$
Фактор облика бока зупца	Zone factor	Zonenfaktor	$Z_H$
Фактор облика бока зупца (код прорачуна носивости бока зупца)	Zone factor for Hertzian stress	Flankenformfaktor für Flankenbeanspruchung	$Z_H$
Фактор облика за дејство силе на врх зупца	Tooth form factor (to the application of load at the tooth tip)	Formfaktor für Kraftangriff am Zahnkopf	$Y_{Fa}$
Фактор облика зупца	Tooth form factor	Formfaktor	$Y_F$
Фактор облика зупца за прорачун носивости подножја	Tooth strength factor for tooth root stress	Zahnformfaktor für Zahnfußbeanspruchung	$Y_F$
Фактор обраде	Welding factor	Gefügefaktor	$X_w$
Фактор оптерећења	Load factor	Lastfaktor	$W$
Фактор подмазивања	Lubricant factor	Schmierstofffaktor	$Z_L$
Фактор подмазивања (заривавање)	Lubrication factor (scuffing)	Schmierstofffaktor (Fressen)	$x_s$
Фактор померања профила при изради		Erzeugungs-Profilverschiebungsfaktor	$x_E$
Фактор промене дебљине зупца		Zahndickenänderungsfaktor	$X_s$
Фактор промене висине теменог дела зупца	Coefficient for modification of tip diameter	Kopfhöhenänderungsfaktor	$k$
Фактор променљивости оптерећења		Wechselstofffaktor	$Y_L$

српски	englisch	deutsch	Oznaka (Index)
Фактор радних услова	Application factor	Anwendungsfaktor	$K_A$
Фактор радног века	Life factor	Lebensdauerfaktor	$Y_N, Z_N$
Фактор расподеле (зарибавање)	Sharing factor	Aufteilungsfaktor (Fressen)	$x_f$
Фактор расподеле оптерећења дуж бочне линије - фактор ширине (бок)	Longitudinal load distribution factor (face)	Breitenfaktor (Flanke)	$K_{H\beta}$
Фактор расподеле оптерећења дуж бочне линије - фактор ширине (подножје)	Longitudinal load distribution factor (root)	Breitenfaktor (Fuß)	$K_{F\beta}$
Фактор расподеле оптерећења дуж бочне линије - фактор ширине (зарибавање)	Longitudinal load distribution factor with respect to scuffing	Breitenfaktor (Fressen)	$K_{B\beta}$
Фактор расподеле оптерећења косих зубаца (зарибавање)	Helical load distribution factor (scuffing)	Schrägungsfaktor (Fressen)	$K_{B\gamma}$
Фактор расподеле оптерећења на парове зубаца у спреси за прорачун на зарибавање	Transverse load distribution factor (scuffing)	Stirnfaktor (Fressen)	$K_{B\alpha}$
Фактор расподеле оптерећења на парове зубаца у спреси за прорачун носивости бока зупца	Transverse load distribution factor for Hertzian stress	Stirnfaktor (Flanke)	$K_{H\alpha}$
Фактор расподеле оптерећења на парове зубаца у спреси за прорачун носивости подножја зупца (чеони фактор подножја)	Transverse load distribution factor for tooth root stress	Stirnfaktor (Fuß)	$K_{F\alpha}$
Фактор разлике тврдоћа спрегнутих бокова	Work hardening factor	Werkstoffpaarungsfaktor	$Z_w$
Фактор разлике тврдоћа спрегнутих парова	Hardness ratio factor	Aufhärtungsfaktor	$Z_w$
Фактор стања површине	Surface condition factor	Oberflächenfaktor	$Y_R$
Фактор степена спрезања (зарибавање)	Contact ratio factor (scuffing)	Überdeckungsfaktor (Fressen)	$X_c$
Фактор степена спрезања код прорачуна носивости бокова зубаца	Contact ratio factor for Hertzian stress	Überdeckungsfaktor für Flankenbeanspruchung	$Z_c$
Фактор степена спрезања код прорачуна носивости подножја зубаца	Load sharing factor for tooth root stress	Lastanteilfaktor für Zahnfußbeanspruchung	$Y_c$
Фактор степена спрезања код прорачуна носивости подножја зубаца	Contact ratio factor for bending stress	Überdeckungsfaktor (Fuß)	$Y_c$
Фактор теменог дела зупца	Combined tooth form factor	Kopffaktor	$Y_{FS}$
Фактор теменог зазора	Bottom clearance coefficient	Kopfspiel faktor	$c^* (c^*_p)$
Фактор тежине за локални коефицијент трења	Instantaneous coefficient of friction	Gewichtsfaktor für örtliche Reibungszahl	$c_m$
Фактор унутрашњих динамичких сила	Dynamic load factor	Dynamikfaktor	$K_v$
Фактор величине код прорачуна бока зупца	Size factor for contact stress	Größenfaktor für Flankenpressung	$Z_x$
Фактор величине код прорачуна подножја зупца	Size factor for tooth root stress	Größenfaktor für Fußbeanspruchung	$Y_x$
Фактор висине зупца	Tooth depth coefficient	Zahnhöhenfaktor	$h^*$
Фактор вискозности	Viscosity factor	Viskositätsfaktor	$X_n$
Фактор захвата	Mesh factor	Eingriffsfaktor (Fressen)	$X_Q$
Фактори који се односе на Херцов површински притисак	Factor for Hertzian stress	Faktor bei Flankenbeanspruchung	$Z$
Фактори који се односе на напрезање у подножју зупца	Factor on tooth root stress	Faktor bei Fußbeanspruchung	$Y$
Фактори који се односе на оптерећење зупца	Factors concerning tooth load	Faktoren, die sich auf die Zahnkraft beziehen	$K$
Фактори који се односе на зарибавање	Factor for scoring stress	Faktor bei Freßbeanspruchung	$X$
Фиктивни број зубаца (број зубаца у нормалном пресеку зупчника са косим зупцима)	Virtual number of teeth (of the virtual spur gear of a helical gear)	Ersatzzähnezahl (Ersatz-Geradstirnräder einer Schrägverzahnung)	$z_n$
Фиктивни зупчник у нормалном пресеку зупчника са косим зупцима	Virtual cylindrical gear of a helical gear	Ersatz-Geradstirnrad einer Schrägverzahnung	$(n)$



српски	englisch	deutsch	Oznaka (Index)
Фиктивно осно растојање еквивалентног цилиндричног зупчастог пара	Virtual centre distance	Virtueller Achsabstand der Ersatz - Stirnradverzahnung	$a_v$
Геометрија	Geometry	Geometrie	(G)
Гоњени зупчаник	Driven gear	Getriebenes Pad	(b)
Горња гранична мера дебљине зупца	Upper deviation of teeth thickness	Oberes Zahndickenabmaß	$A_{se}$
Горња гранична мера дужине зупца	Upper deviation of base tangent length	Oberes Zahnweitenabmaß	$A_{we}$
Горња гранична мера код двобочног спрезања	Upper deviation of centre distance for double-flank engagement	Oberes Abmaß des Zweiflanken-Wälzabstandes	$A_{ae}$
Горња гранична мера осног растојања	Upper deviation of centre distance	Oberes Achsabstandsabmaß	$A_{ae}$
Горња гранична вредност	Upper limit	Oberer Grenzwert	(e)
Граница	Limit	Grenz	(g)
Гранична мера	Deviation	Abmaß	A
Гранична мера дебљине зупца	Deviation of teeth thickness	Zahndickenabmaß	$A_s$
Гранична вредност издржљивости	Fatigue strength	Grenzwert der Festigkeit	(lim)
Граничне мере осног растојања	Deviation of centre distance	Achsabstandsabmaß	$A_a$
Граничне мере осног угла		Achsenwinkelabmaß	$A_\gamma$
Гранични број зубаца	Teeth number limit	Grenzzähnezahl	$z_g$
Грешка девијације оса	Deviation error of axes	Achsschrängung	$f_{\Sigma\beta}$
Грешка инклинације оса	Inclination error of axes	Achsneigung	$f_{\Sigma\delta}$
Густина	Density	Dichte	$\rho, \rho_M$
Херцов притисак	Hertzian surface stress	Hertzsche Pressung	(H)
Херцов притисак у кинематској тачки	Hertzian stress at the pitch point	Hertzsche Pressung im Wälzpunkt	$\sigma_H$
Ход завојнице	Lead (of one tooth)	Steigungshöhe (eines Zahnes)	$p_z$
Храпавост	Roughness	Rauheit	(R)
Интегрална температура	Integral temperature	Integraltemperatur	$g_{int}$
Интегрални	Integral	Integral	(int)
Инволут $\alpha$	Involute $\alpha$	Evolvente $\alpha$	inv $\alpha$
Износ хабања код уходавања	Running-in allowance	Einlaufbetrag	$y$ (y)
Израда	Manufacturing	Herstellung	(ma)
Извијање	Grooved sample	Knick	(K)
Јединична крутост парова зубаца у спрези	Combined tooth stiffness of one pair of teeth's	Einzelfedersteifigkeit	$c'$
Једнобочно спрезање	Single-flank engagement	Einflankeneingriff	(')
Кинематска тачка	Pitch point	Wälzpunkt	$C(C)$
Кинематска вискозност уља	Kinematic viscosity of the oil	Kinematische Viskosität des Öles	$\nu$
Кинематске величине	Working	Wälzgroßen	(w)
Кинематски преносни однос	Gear ratio	Zähnezahlverhältnis	$u$
Кинематски преносни однос при изради		Erzeugungs-Zähnezahlverhältnis	$u_0$
Кинематско испитивање	Composite action method of gear inspection	Wälzprüfung	(i)
Клизање	Sliding	Gleiten	(g)
Коефицијент	Coefficient	Koeffizient	K
Коефицијент - фактор који се односи на једну величину - (фактор померања профила и фактор растојања подеоних кружница)	Coefficient (of a dimension other than addendum or centre distance modification)	Faktor für eine Größe (Profilverschiebungs- und Teilkreisabstandsfaktor ausgenommen)	(*)
Коефицијент линеарног ширења	Linear expansion coefficient	Längenausdehnungskoeffizient	$\alpha_G, \alpha_R$
Коефицијент осног растојања	Centre distance modification coefficient	Teilkreisabstandsfaktor	$\gamma$
Коефицијент померања профила	Addendum modification coefficient	Profilverschiebungsfaktor	$x$
Коефицијент померања профила код конусних зупчаника	Addendum modification coefficient for bevel gears	Profilverschiebungsfaktor bei Kegelrädern	$x_h$
Коефицијент трења	Coefficient of friction	Reibungszahl	$\mu$
Колебање дебљине зупца	Range of tooth thickness errors	Zahndickenschwankung	$R_s$
Концентрација напона	Stress concentration effect	Spannungskonzentration	(S)
Константа	Constant	Konstante	$c, (c)$
Константна тетивна дебљина	Constant chord	Konstante Sehne	$\bar{s}_c$
Контрола, мерни уређај	Checking, measuring tool	Messung, Meßwerkzeug	(M)

српски	englisch	deutsch	Oznaka (Index)
Корак	Pitch	Teilung	$p$ , ( $p$ )
Корак на основној кружници	Transverse base pitch	Grundkreisteilung	$p_b$
Корак на основној кружници у нормалном пресеку	Normal base pitch	Grundzylinder-Normalteilung	$p_{bn}$
Корекција бочне линије зупца (испупченост)	Crowning	Breitenballigkeit	( $c$ )
Корекција бока	Flank correction	Flankenrücknahme	$C(C)$
Корекција поножја	Root relief	Fußrücknahme	$c_f$
Корекција правца бочне линије закошењем	End relief	Flankenlinienrücknahme bei Breitenballigkeit	$c_b$
Корекција профила зупца закошењем	End relief	Endrücknahme	( $e$ )
Корекција теменог дела зупца	Tip relief	Kopfrücknahme	$C_a$
Корекција теменог дела зупца на основу уходавања	Tip relief due to running in	Kopfrücknahme aufgrund des Einlaufens	$C_{ay}$
Корисно подручје	Range utilizable	Nutzbereich	( $N$ )
Крајња тачка контакта	End point of meshing	Endpunkt des Eingriffs	$E$
Крак силе савијања	Bending moment arm	Biegehebelarm	$h$
Крак силе савијања за напрезање у подножју зупца (радијално мерено)	Bending moment arm for tooth root stress (in radial direction)	Biegehebelarm für Zahnfußbeanspruchung (radial gemessen)	$h_F$
Критична контактна температура	Critical contact temperature	Kritische Kontakttemperatur	$\vartheta_c$
Критични пресек зупца у нормалном пресеку	Tooth thickness in the critical section at the tooth root in normal section	Zahndicke im Berechnungsquerschnitt (Normalschnitt)	$s_{Fn}$
Крутост парова зубаца у спрези	Mesh stiffness	Eingriffsfedersteifigkeit	$c_v$
Кружни бочни зазор	Circumferential backlash	Verdrehflankenspiel	$j_l$
Кућиште	Casing	Gehäuse (bei Berechnung)	( $ca$ )
Лево	Left hand, left	Links	( $L$ )
Лежај	Bearing	Lager	( $be$ )
Линеарна брзина	Linear speed	Lineare Geschwindigkeit	$\varepsilon$
Линијско јединично оптерећење	Specific loading	Linienkraft ( $F_t/b$ )	$w$
Максимум	Maximum	Größtwert	( $max$ )
Мали зупчаник зупчастог пара (мали зупчаник, пуж)	Pinion, Worm	Kleines Rad einer Radpaarung (Ritzel Schnecke)	-1
Маса	Mass	Masse	$m$ , ( $M$ )
Материјал	Material	Material	( $M$ )
Мера (апсолутна димензија)	Dimension (absolute)	Maß (absolut)	( $X$ )
Мера преко куглица или ваљчића	Dimension over balls or pins	Diametrales Zweikugelmaß bzw Zweirollenmaß	$M$
Мера преко зупца	Base tangent length	Zahnweitenabmaß	$A_w$
Мерни број зубаца	Number of teeth over which to measure	Meßzähnezahl	$k$
Минимум	Minimum	Kleinstwert	( $min$ )
Модул	Module	Modul	$m$
Модул у нормалном пресеку	Normal module	Normalmodul	$m_n$
Момент савијања	Bending moment	Biegemoment	$M$
Нагиб	Inclination	Neigung	$\delta$
Нападна тачка на врху зупца	Strike point on tooth tip	Kopfeingriffspunkt	( $E$ )
Нападни угао	Pressure angle	Eingriffswinkel	$\alpha$ ( $\alpha$ )
Нападни угао у чеоном пресеку	Transverse pressure angle	Stirneingriffswinkel	$\alpha_t$
Нападни угао за прорачун носивости подножја зупца	Pressure angle for tooth root stress (normal section)	Kraftangriffswinkel für Zahnfußbeanspruchung	$\alpha_{Fn}$
Напон	Stress strength	Spannung	$\sigma$
Напон од савијања у критичном рачунском пресеку подножја зупца	Bending stress in the critical sectional the root	Biegespannung am Zahnfuß im Berechnungsquerschnitt	$\sigma_F$
Напон од савијања у подножју зупца (локални напон у подножју)	Local tooth root stress	Zahnfuß-Biegeennspannung (örtliche Zahnfußspannung)	$\sigma_{F0}$
Напон у подножју зупца	Tooth root stress	Zahnfußbeanspruchung	( $F$ )
Напон, чврстоћа, издржљивост	Stress, strength	Festigkeit	$\sigma$
Номиналне величине подеоне кружнице	Nominal values of reference circles	Nenngrößen der Teilkreise	( $d$ )
Нормални бочни зазор	Normal backlash	Normalflankenspiel	$j_n$
Нормални пресек	Normal	Normalschnitt	( $n$ )
Нулто осно растојање	Reference centre distance	Null-Achsabstand	$a_d$
Обимна брзина	Velocity	Umfangsgeschwindigkeit	$v$

српски	englisch	deutsch	Oznaka (Index)
Обимна брзина на подеоној кружници	Circumferential pitch speed	Umfangsgeschwindigkeit der Wälzkreise	$v_t$
Обимна сила на подеоној кружници	Circumferential force on pitch	Umfangskraft am Teilkreis	$F_t$
Обимна сила по mm дужине зупца (јединична обимна сила)	Tangential load per mm of face width	Umfangskraft je mm Zahnbreite	$w$
Обимна сила укључујући и факторе оптерећења по mm дужине зупца	Circumferential force including overload factors divided by tooth width	Umfangskraft einschließlich Überlastfaktoren je mm Zahnbreite	$w_t$
Облик профила	Profile form	Profilform	$(f)$
Обртни момент	Torque	Drehmoment	$T$
Одстојање темене кружнице	Tip diameter deviation	Kopfkreisabstand	$t_E$
Одступања праваца оса малог и великог зупчаника (одступања код израде)	Error of pinion and wheel axes alignment (manufacturing error)	Abweichung von Ritzel- und Radachsenrichtung (Herstellabweichungen)	$f_{par}$
Одступање аксијалног корака	Axial pitch error	Axialteilungs-Abweichung	$f_{px}$
Одступање бочног зазора	Normal backlash deviation	Flankenspielschwankung	$R_f$
Одступање центричности	Total radial composite tolerance	Wälz-Rundlaufabweichung	$F_z''$
Одступање чеоног спрежног корака	Single pitch deviation	Stirneingriffsteilungs-Abweichung	$f_{pet}$
Одступање хода завојнице	Lead error	Steigungshöhen-Abweichung	$f_{pz}$
Одступање корака на основној кружници	Base pitch error	Grundkreisteilungs-Abweichung	$f_{pb}$
Одступање кружног бочног зазора	Circumferential backlash deviation	Drehflankenspielschwankung	$R_{ft}$
Одступање нападног угла	Pressure angle error	Eingriffswinkelabweichung	$f_{\alpha}$
Одступање облика бочне линије	Longitudinal form error	Flankenlinien-Formabweichung	$f_{fl}$
Одступање облика при изради	Generant form error	Erzeugenden-Formabweichung	$f_{Efl}$
Одступање облика профила	Profile form error	Profil-Formabweichung	$f_f$
Одступање осног угла	Shaft angle error	Achsenwinkelabweichung	$f_{\Sigma}$
Одступање подеоног корака	Adjacent pitch error	Teilungs-Einzelabweichung	$F_p$
Одступање правца бочне линије	Tooth alignment error	Flankenlinien-Winkelabweichung	$f_{fl\beta}$
Одступање правца бочне линије због деформације кућишта	Component of mesh misalignment due to deformations in the casing	Flankenlinienabweichung infolge Gehäuseverformungen	$f_{ca}$
Одступање правца бочне линије због деформације лежајева	Component of mesh misalignment due to bearing deformations	Flankenlinienabweichung infolge Lagerverformungen	$f_{be}$
Одступање правца бочне линије због деформације вратила и зупчаника	Component of misalignment due to shaft and pinion deflection	Flankenlinienabweichung infolge Wellen- und Ritzelverformung	$f_{sh}$
Одступање правца бочне линије због грешке при изради	Mesh alignment error (result of accumulation of manufacturing errors)	Flankenlinienabweichung aus Akkumulierung von Herstellabweichungen	$f_{ma}$
Одступање пречника подеоне кружнице	Base circle error	Grundkreisdurchmesser-Abweichung	$f_b$
Одступање спрежног корака	Normal pitch error	Eingriffsteilungs-Abweichung	$f_{pe}$
Одступање угла нагиба	Helix angle error	Schrägungswinkelabweichung	$f_{\beta}$
Одступање угла при изради	Generant angle error	Erzeugenden-Winkelabweichung	$f_{flE}$
Одступање угла успона завојнице	Deviation of helix angle inclination	Steigungswinkelabweichung	$f_{\gamma}$
Опитни зупчаник	Test gear	Prüfrad	$(T)$
Оса навоја	Instantaneous axis	Schraubachse	$(s)$
Осни угао	Shaft angle	Achsenwinkel	$\Sigma$
Осно растојање	Centre distance	Achsabstand	$a, (a)$
Осно растојање код двобочног спрезања	Centre distance for double-flank engagement	Zweiflanken-Wälzabstand	$a''$
Осно растојање при изради	Centre distance at generation	Erzeugungssachsabstand	$a_0$
Основа	Base	Grund	$(g)$
Основна кружница, основни цилиндар	Base circle Base cylinder	Grundkreis, Grundzylinder	$(b)$
Основна вредност, алат	Basic value, tool	Grundwert	$(0)$
Основна зупчаста плоча	Basic tooth plate	Planrad	$(P)$
Основни модул	Base module	Grundmodul	$m_b$
Ознака за зупчаник или зупчести пар са померањем профила	Symbols for X-gears or X-gear pairs	Bezeichnung für Räder oder Radpaare mit Profilverschiebung	$v$
Паралелно	Parallel	Parallel	$(par)$
Параметар додирнице	Parameter on the line of action	Parameter an der Eingriffslinie	$\Gamma$
Параметар зареза	Groove parameter	Kerbparameter	$q_s$
Периодично	Periodically	Periodisch	$(per)$

српски	englisch	deutsch	Oznaka (Index) (pla) (P)
Планетарни зупчаник	Planet gear	Planetenrad	(f) (P)
Почетак спрезања (спрезање подножног дела зупца)	Approach	Eintritt-Eingriff	(f)
Почетна тачка при спрезању	Starting point of meshing	Anfangspunkt des Eingriffs	(A)
Подмазивање	Lubrication	Schmierung	(L)
Подножни део зупца (нога зупца)	Root, Dedendum	Zahnfuß	(f)
Подручје испитивања правца бочне линије	Helix angle investigation region	Flankenlinien-Prüfbereich	$L_{\beta}$
Подручје испитивања профила	Profile investigation region	Profil-Prüfbereich	$L_n, L_a$
Погонски зупчаник	Driving gear	Treibendes Rad	(a)
Poisson-ова константа	Poisson constant	Poisson-Konstante	$\nu$
Појединачно одступање	Individual error	Einzelabweichung	$f$
Појединачно одступање код тангентијалне контроле спрезањем	Tangential tooth-to-tooth composite error	Einflankenwälzsprung	$f_t'$
Појединачно радијално одступање	Radial tooth-to-tooth composite error	Zweiflankenwälzsprung	$f_t''$
Појединачно спрезање зубаца	Single-pair(tooth)engagement	Einzel(zahn)eingriff	(')
Полупречник (радијус)	Radius	Halbmesser	$R$
Полупречник кинематске кружнице	Radius of the working pitch circle	Wälzkreisradius	$r_w$
Полупречник основне зупчасте плоче	Radius of basic tooth plate	Planrad-Halbmesser	$R_P$
Полупречник подеоне кружнице	Reference radius	Teilkreisradius	$r$
Полупречник референтног торуца	Radius of the reference toroid	Mittenkehlhalbmesser am Schneckenrand	$r_{ml}$
Полупречник средњег цилиндра пужа	Radius of the reference cylinder of a worm	Mittenzylinderhalbmesser einer Schnecke	$r_{ml}$
Полупречник темене кружнице	Tip radius	Kopfkreisradius	$r_a$
Полупречник торуца	Gorge radius	Kehlhalbmesser	$r_K$
Полупречник V-кружнице	Radius of the V-circle	V-Kreis-Radius	$r_v$
Полуугао дебљине зупца	Tooth thickness half-angle	Zahndicken-Halbwinkel	$\psi$
Полуугао дебљине зупца фиктивног зупчаника		Ersatz-Zahndicken-Halbwinkel	$\psi_n$
Полуугао међузубља зупца	Space width half-angle	Zahlücken-Halbwinkel	$\eta$
Померање профила	Addendum modification	Profilverschiebung	(x)
Помоћна величина	Auxiliary quantity	Hilfsgröße	$e$
Помоћни фактор	Auxiliary factor	Hilfsfaktor	$q, q_a$
Помоћни угао	Auxiliary angle	Hilfswinkel	$\psi, \gamma$
Површина контакта (ношења)	Contact surface	Tragende Fläche	TRA
Површински притисак (Херцов притисак)	Contact stress (Hertzian pressure)	Flankenpressung (Hertzsche Pressung)	$\sigma_H$ (H)
Практично дозвољена вредност	Practically allowable value	Praktisch zulässiger Wert	(P)
Пречник	Diameter	Durchmesser	$d$
Пречник кинематске кружнице	Pitch diameter	Wälzkreisdurchmesser	$d_w$
Пречник код деловања силе у спољашњој тачки једноструке спреге	Diameter for the application of load at the outer point of single tooth pair contact	Durchmesser für Kraftangriff im äußeren Einzeleingriffspunkt	$d_e$
Пречник круга мерења	Diameter of a measuring circle	Meßkreisdurchmesser	$d_M$
Пречник кружнице акливног дела бока зупца	Diameter utilizable	Nutzkreisdurchmesser	$d_N$
Пречник кружнице корисног подножног дела зупца (почетна подножна тачка активног дела)	Root diameter utilizable	Fußnutzkreis-Durchmesser	$d_{NF}$
Пречник куглице (куглични лежај)	Ball diameter	Kugeldurchmesser (Kugellager)	$d_B$
Пречник мерне куглице или ваљчића	Ball or pin diameter	Meßkugel- oder Meßrollendurchmesser	$D_M$
Пречник мерног уређеја	Diameter of a measuring tool	Durchmesser eines Meßwerkzeuges	$D$
Пречник основне кружнице	Base diameter	Grundkreisdurchmesser	$d_b$
Пречник подеоне кружнице	Reference diameter	Teilkreisdurchmesser	$d$
Пречник подеоне кружнице фиктивног зупчаника	Reference diameter of virtual spur gear toothing	Ersatz-Teilkreisdurchmesser eines Zylinderrades	$d_n$
Пречник подножне кружнице	Root diameter	Fußkreisdurchmesser	$d_f$
Пречник подножне кружнице еквивалентног цилиндричног зупчаника	Base diameter of virtual spur gear toothing	Fußkreisdurchmesser der Ersatz-Stirradverzahnung	$d_{sf}$
Пречник произвољне кружнице (Y-кружница)	Diameter of any circle (Y-circle)	Durchmesser eines beliebigen Kreises (Y-Kreis)	$d_y$

српски	englisch	deutsch	Oznaka (Index)
Пречник темене кружнице	Tip diameter	Kopfkreisdurchmesser	$d_a$
Пречник V-кружнице	Diameter of V-circle	V-Kreis-Durchmesser	$d_v$
Пречник вратила малог зупчаника	Pinion shaft diameter	Durchmesser der Ritzelwelle	$d_{shl}$
Прелом	Tensile strength (fracture)	Bruch	(B)
Примена (радни услови)	Application	Anwendung	(A)
Профил	Profile	Profil	( $\alpha$ )
Произвођачки (при изради)	Generant	Erzeugende	(E)
Произвођни цилиндар или тачка	Any cylinder or point	Beliebiger Zylinder oder Punkt	( $\gamma$ )
Промена зазора	Clearance change	Spieländerung	$\Delta_j$
Пужни број	Diametric quotient of a worm	Formzahl einer Schnecke	$q$
Рачунска дужина зупца	Calculated face width	Rechnerische Zahnbreite	$b_{cal}$
Рачунски	Calculated	Berechnet	(cal)
Радијална сила лежаја	Radial force of bearing	Radialkraft am Lager	$F_{ber}$
Радијални	Radial	Radial	(r)
Радијални зазор	Radial backlash	Radialspiel	$j_r$
Радијус	Radius	Radius	$r$
Радијус кривине	Radius of curvature	Krümmungsradius	$\rho$
Радијус кривине еволвенте у кинематској тачки	Profile radius of the involute at pitch point	Krümmungsradius der Evolvente im Wälzpunkt	$\rho_c$
Радијус подножја	Root radius	Fußkreisradius	$r_f$
Радијус заобљења	Fillet radius	Rundungsradius	$\rho$
Радијус заобљења подножја рачунског пресека	Fillet radius in the calculation section	Fußrundungsradius im Berechnungsquerschnitt	$\rho_F$
Радијус заобљења подножја стандардног профила	Fillet radius of basic rack	Fußrundungsradius des Bezugsprofils	$\rho_p$
Радијус заобљења профила	Profile radius	Profilkrümmungsradius	$\rho$
Радијус заобљења теменог дела	Tip rounding radius	Kopfkanten-Rundungsradius	$\rho_a$
Радијус зареза код брушења		Schleifkerbenradius	$\rho_x$
Радни преносни однос	Transmission ratio	Übersetzung	$i$
Растојање мерних тачака	Distance between points of measurement	Meßpunkteabstand	$L$
Разлика	Difference	Differenz	$\Delta$
Разлика између два суседна подеона корака	Difference between adjacent pitches	Teilungssprung	$f_{iw}(u)$
Разлика температуре	Temperature difference	Temperaturdifferenz	$\Delta_g$
Ред	Row	Reihe	(R)
Редукована (еквивалентна) величина	Reduced value	Reduzierte Größe	(red)
Референтна вредност	Reference value	Bezugsgröße	
Референтни (меродавни) број обртаја	Reference speed	Bezugsdrehzahl	$N$
Релативни фактор храпавости	Relative surface condition factor	Relativer Oberflächenfaktor	$Y_{Rrel}$
Релативни фактор осетљивости на концентрацију напона у односу на опитни зупчаника	Relative sensitivity factor related to the test gear dimensions	Relative Stützziffer, bezogen auf die Verhältnisse am Prüfrad	$Y_{RrelT}$
Релативни пад напона због зареза	Relative stress drop in notch root	Bezogenes Spannungsgefälle im Kerbgrund	$\chi^s$
Релативно кретање	Relative movement	Relativbewegung	(rel)
Резонантни број обртаја малог зупчаника	Rotation frequency of pinion	Resonanzdrehzahl des Ritzels	$n_{EI}$
Сила	Force	Kraft	$F$
Ширина клизног слоја	Gliding thickness	Gleitschichtbreite	$\rho'$
Ширина лежаја	Length of journal bearing	Lagerbreite	$b_{be}$
Ширина међузубља	Space width	Lückenweite	$e$
Скраћење главе зупца	Addendum reduction	Kopfkürzung	(K)
Слика ношења	Contact pattern	Tragbild	(CO)
Снага	Power	Leistung	$P$
Специфична топлота	Specific heat	Spezifische Wärme	$c$
Специфично клизање	Specific sliding	Spezifisches Gleiten	$\zeta$
Спољашња тачка једноструке спреге на погонском зупчанику	End point of single-tooth contact	Äußerer Einzeleingriffspunkt am treibenden Rad	(D) ( $e$ )
Спољашње динамичке силе	Shock load (impact)	Äußere Stoßkräfte	(A)
Спољашње конусно растојање	Cone distance	Äußere Teilkegellänge	$R$
Спољашњи	External	Außen	(e)

српски	englisch	deutsch	Oznaka (Index)
Спољашњи пречник пужног зупчаника	External diameter of a worm-wheel	Außendurchmesser eines Schneckenrades	$d_e$
Спољашњи захват	Recess	Austritt-Eingriff	( $a$ )
Спрезање (захват)	Contact	Eingriff	( $e$ )
Спрежни корак	Transverse pitch on contact-path	Eingriffsteilung	$p_e$
Средња обимна јединична сила	Unit mean tangential load	Mittlere Umfangskraft pro Einheit Zahnbreite	$w_m$
Средња обимна сила на подеоној кружности (чеони пресек)	Mean tangential load on reference cylinder (Transverse section)	Mittlere Umfangskraft am Teilkreis (Stirnschnitt)	$F_m$
Средња тренутна температура у току спрезања	Mean flash temperature along path of contact	Mittlere Blittemperatur über dem Eingriff	$\vartheta_{fla int}$
Средња висина неравнина	Mean average peak-to-valley height	Gemittelte Rauhtiefe	$R_z$
Средња вредност	Mean value	Mittelwert	( $m$ )
Средње конусно растојање	Length of reference cone middle	Mittlere Teilkegellänge	$R_{m'} (m)$
Средње аритметичко одступање микро профила	Arithmetic medium roughness	Arithmetischer Mittenrauhwert	$R_a, R_{a0}$
Средњи цилиндар (пужа)	Reference cylinder (of a worm)	Mittenzylinder (einer Schnecke)	( $m$ )
Средњи локални коефицијент трења	Mean value of the local coefficient of friction	Mittlere örtliche Reibungszahl	$\mu_{my}$
Стандардни профил	Basic rack tooth profile	Bezugsprofil	( $P$ )
Статичка сила	Static load	Statische Kraft	( $stat$ )
Степен сигурности	Safety factor	Sicherheitsfaktor	$S$
Степен спрезања	Contact or overlap ratio	Eingriffsverhältnis	$\varepsilon$
Степен спрезања	Contact ratio	Überdeckung	$\varepsilon(\varepsilon)$
Степен спрезања бочних линија	Overlap ratio	Sprungüberdeckung	$\varepsilon_B$
Степен спрезања профила	Transverse contact ratio	Profilüberdeckung	$\varepsilon_\alpha$
Степен спрезања профила еквивалентног цилиндричног зупчастог пара	Transverse contact ratio of virtual spur gear tothing	Profilüberdeckung der Ersatz-Stirnradverzahnung eines Kegelrades	$\varepsilon_{av}$
Степен спрезања профила у нормалном пресеку (фиктивног зупчаника)	Transverse contact ratio of a virtual cylindrical spur gear pair	Profilüberdeckung der Ersatz-Geradverzahnung	$\varepsilon_{an}$
Стварно одступање паралелности бочних линија (после уходавања)	Effective mesh misalignment (after allowing for running-in)	Wirksame Flankenlinienabweichung (nach dem Einlauf)	$F_{\beta y}$
Сума фиктивних бројева зубаца	Virtual teeth sum	Ersatzzähnezahlsumme	$\Sigma z_{\text{virt}}$
Тачка на боку зупца	Point on the flank	Zahnflankenpunkt	$Y$
Тангентни	Tangential	Tangential	( $t$ )
Тангентни напон од смицања	Tangential shear stress	Schubspannung	$\tau$
Темени део зупца (глава зупца)	Tip, Addendum	Zahnkopf	( $a$ )
Темени зазор	Bottom clearance	Kopfspiel	$c (c_P)$
Температура	Temperature	Temperatur	$\vartheta$
Температура масе	Mass temperature	Massentemperatur	$\vartheta_M$
Температура у тренутку спрезања	Temperature at the moment of engagement	Temperatur im Augenblick des Eingriffes	$\vartheta_B$
Температура уља и температура убризгавања	Oil sump and injection temperature	Ölsumpf- und Einspritztemperatur	$\vartheta_{oil}$
Температура заривавања	Scuffing temperature	Freßtemperatur	$\vartheta_S$
Теоретски	Theoretical	Theoretisch	( $th$ )
Термички коефицијент контакта	Thermal contact coefficient	Thermischer Kontaktkoeffizient	$B_M$
Тетива	Chord	Sehne	(-)
Тетивна дебљина зупца	Chordal tooth thickness	Zahndickensehne	$s$
Тетивни рачунски пресек у подножју зупца	Tooth root chord	Zahnfußsehne im Berechnungsquerschnitt	$\bar{s}_{Fn}$
Толеранција	Tolerance	Toleranz	$T$
Толеранција дебљине зупца	Tooth thickness tolerance	Zahndickentoleranz	$T_s$
Толеранција осног растојања	Centre distance tolerance	Achsabstandtoleranz	$T_a$
Толеранција угла нагиба	Inclination angle tolerance	Schrägungswinkel-Toleranz	$T_\beta$
Топлотна проводљивост материјала	Heat conductivity of the tooth material	Wärmeleitfähigkeit des Werkstoffes	$\lambda_M$
Торус	Toroid	Kehlfäche	( $K$ )
Трајна динамичка издржљивост бокова зубаца (номиналне вредности)	Endurance limit for contact stress	Dauerfestigkeitswert für Flankenpressung	$\sigma_{Hlim}$

српски	englisch	deutsch	Oznaka (Index)
Трајна динамичка издржљивост подножја зубаца (номиналне вредности)	Bending endurance limit	Dauerfestigkeitswert für die Biegeennspannung am Zahnfuß	$\sigma_{Flim}$
Трајна издржљивост глатке полиране епрувете	Endurance limit of the unnotched, polished specimen	Dauerfestigkeit der ungekerbten, polierten Probe	$\sigma_{olim}$
Трајна издржљивост полиране епрувете са зарезом	Endurance limit for the notched specimen	Dauerfestigkeit der gekerbten Probe	$\sigma_{klim}$
Трајна издржљивост у односу на савијање глатке епрувете код потпуне еластичности материјала	Nominal bending endurance limit of an unnotched specimen at full elasticity of the material	Biege-Nenn-Dauerfestigkeit einer ungekerbten Probe bei voller Elastizität des Werkstoffes	$\sigma_{FE}$
Трење	Friction	Reibung	$\mu$
Тренутна температура	Flash temperature	Blirtztemperatur	$\vartheta_{fla}$
Тренутна температура контакта	Instantaneous contact temperature	Momentane Kontakttemperatur	$\vartheta_B$
Тренутни	Flash	Blitz	(fla)
Тренутни	Instantaneous	Momentan	(fla)
Тренутни термички фактор	Thermal flash factor	Blitzfaktor	$X_M$
Тврдоћа	Hardness	Härte	(W)
Угао додирнице	Working transverse pressure angle	Betriebseingriffswinkel	$\alpha_{ext}$
Угао додирнице при изради	Transverse pressure angle at generation	Erzeugungseingriffswinkel	$\alpha_{ext0}$ $\alpha_{extf}$
Угао конуса	Cone angle	Kegelwinkel	$\delta$
Угао котрљања еволвенте	Rolling angle of the involute	Wälzwinkel der Evolvente	$\zeta$
Угао нагиба	Helix angle	Schrägungswinkel	$\beta$ ( $\beta$ )
Угао нагиба у чеоном пресеку	Transverse pressure angle	Stirnprofilwinkel	$\alpha_t$
Угао нагиба на основном цилиндру	Base helix angle	Grundschrägungswinkel	$\beta_b$
Угао обраћања	Rotation angle	Verdrehwinkel	$\gamma$
Угао основног конуса	Base cone angle	Grundkegelwinkel	$\delta_b$
Угао подеоног конуса	Reference cone angle	Teilkegelwinkel	$\delta$
Угао подеоног корака (подеони угао)	Angular pitch	Teilungswinkel	$\tau$
Угао подножног дела зупца	Dedendum angle	Fußwinkel	$\vartheta_f$
Угао подножног конуса	Root angle	Fußkegelwinkel	$\delta_f$
Угао половине дебљине зупца	Base tooth thickness half angle	Grundzahndicken-Halbwinkel	$\psi_b$
Угао половине међузубља	Base space width half angle	Gundlücken-Halbwinkel	$\eta_b$
Угао профила	Pressure angle	Profilwinkel	$\alpha$
Угао профила у нормалном пресеку у тачки Y	Normal pressure angle at a point Y	Normalprofilwinkel im Punkt Y	$\alpha_{yn}$
Угао протуберанце	Protuberance angle	Protuberanzwinkel	$\alpha_{prv}$
Угао ширине пужног зупчаника	Width angle of worm wheel	Umfassungswinkel am Schneckenrand	$\vartheta$
Угао спрезања	Contact or overlap angle	Überdeckungswinkel	$\varphi$
Угао спрезања бочних линија	Overlap angle	Sprung-Überdeckungswinkel	$\varphi_B$
Угао теменог дела зупца	Addendum angle	Kopfwinkel	$\vartheta_a$
Угао теменог конуса	Tip angle	Kopfkegelwinkel	$\delta_a$
Угао успона завојнице	Lead angle	Steigungswinkel	$\gamma$ ( $\gamma$ )
Угао успона завојнице на основном цилиндру	Base lead angle	Grundsteigungswinkel	$\gamma_b$
Угао висине зупца	Tooth depth angle	Zahnhöhenwinkel	$\vartheta$
Угао завојнице на средњем цилиндру	Reference lead angle	Mitten-Steigungswinkel	$\gamma_m$
Угаона брзина	Angular speed	Winkelgeschwindigkeit	$\omega$
Угаоно одступање код испитивања бока зупца	Angle error in a checking diagram	Winkelabweichung im Flankenprüfbild	(H)
Угаоно одступање профила	Profile angle error	Profil-Winkelabweichung	$f_{H\alpha}$
Уградбена мера	Mounting measure	Einbaumaß	$t_B$
Укупна крутост зупца	Tooth stiffness	Zahnfedersteifigkeit	C
Укупна вредност	Total value	Gesamtwert	( $\gamma$ )
Укупни степен спрезања	Total contact ratio	Gesamtüberdeckung	$\varepsilon_\gamma$
Укупни угао спрезања	Total angle of transmission	Gesamt-Überdeckungswinkel	$\varphi_\gamma$
Укупно одступање код тангенцијалне контроле спрезањем	Tangential composite error	Einflanken-Walzabweichung	$F_i'$
Укупно одступање правца бочне линије	Total alignment error	Flankenlinien-Gesamtabweichung	$F_\beta$
Укупно одступање при изради	Total generant error	Erzeugenden-Gesamtabweichung	$F_E$

српски	englisch	deutsch	Oznaka (Index)
Укупно одступање профила	Total profile error	Profil-Gesamtabweichung	$F_f$
Укупно радијално одступање	Radial composite error	Zweiflanken-Wälzabweichung	$F_i''$
Уље	Oil	Öl	(oil)
Унутрашња тачка једноструке спреге на погонском зупчанику	Starting point of single-tooth contact	Innere Einzelangriffspunkt am treibenden Rad	$B, (B)$
Унутрашње конусно растојање	Internal conical distance	Innere Teilkegellänge	$R_i$
Унутрашњи	Internal	Innen	(i)
Унутрашњи пречник подеоне кружнице	Inner diameter of pitch circle	Innerer Teilkreisdurchmesser	$d_i$
Утицај дужине зупца на прорачун	Influence of tooth length to calculation	Zahnbreiteneinfluß bei Berechnungen	( $\beta$ )
Утицајни коефицијенти за тренутну одн интегралну температуру	Weighting factor	Gewichtungsfaktor für mittlere Blitztemperatur bzw Integraltemperatur	$c_1, c_2$
Валовитост	Waviness	Welligkeit	(w)
Валовитост бочне линије	Longitudinal form waviness	Flankenlinien-Welligkeit	$f_{Dw}$
Валовитост профила	Profile waviness	Profil-Welligkeit	$f_{Dp}$
V-цилиндар	V-cylinder	V-Zylinder	(v)
Величина (димензија)	Size	Größe	(X)
Величине на подеоној кружници	Reference circle value	Teilkreisgröße	(без индекса)
Велики зупчаник зупчастог пара (зупчаник, пужни зупчаник)	Wheel, Worm wheel	Größeres Rad einer Radpaarung (Rad, Schneckenrad)	-2
Венчаник	Crown	Hohlrad	(2)
Венчаник планетног преносника	Planetary gear set crown	Hohlrad beim Planetengetriebe	(H)
Висина корекције бока зупца	Crowning height	Höhe der Breitenballigkeit	$C_c$
Висина корекције профила зупца закошењем	Amount of end relief	Höhe der Endrücknahme	$C_e$
Висина подножног дела зупца	Dedendum	Fußhöhe	$h_f$
Висина стандардног профила	Tooth depth of basic rack	Profilhöhe des Bezugsprofils	$h_p$
Висина теменог дела зупца	Addendum	Kopfhöhe	$h_a$
Висина зупца	Tooth depth	Zahnhöhe	$h$
Вратило	Shaft	Welle	(sh)
Y-цилиндар	Y cylinder	Y-Zylinder	(y)
Y-радијус (полупречник било које кружнице)	Radius of any circle (Y-circle)	Y-Kreis-Radius	$r_y$
Заједничка величина код обртног кретања два зупчника	Common values at the rolling motion of two gears	Gemeinsame Laufgrößen zweier Räder	(w)
Заједничка висина зупца	Working depth	Gemeinsame Zahnhöhe	$h_w$
Запремина	Volume	Volumen (V)	(V)
Зарибавање	Scuffing	Fressen	(B), (S)
Затезна чврстоћа	Tensile strength	Zugfestigkeit	$\sigma_B, R_m$
Заваривање	Welding	Verschweißung	(W)
Збирно (укупно) одступање	Composite and cumulative errors	Gesamtabweichung	$F$
Збирно кинематско одступање при спрезању	Composite and cumulative errors	Wälzabweichung	$F$
Збирно одступање	Cumulative error	Abweichungssumme	$F$
Збирно одступање подеоног корака	Cumulative pitch error	Teilungs-Gesamtabweichung	$f_p$
Збирно одступање подеоног корака на обиму $z/8$	Cumulative circular pitch error over a sector of $z/8$ pitches	Teilungs-Spannenabweichung über 1/8 Umfang	$F_{pz/8}$
Збирно одступање подеоног корака на сектору $k$ корака	Cumulative circular pitch error over a sector of $k$ pitches	Teilungs-Spannenabweichung über eine Spanne von $k$ Teilungen	$F_{pk}$
Зубац	Gear tooth	Zahn	(z)



## Прилог 7. Физичке величине и мерне јединице

Физичке величине су карактеристике природних појава, творевина и стања, која могу да се мере и квантитативно да се представе. Физичке и техничке законитости могу да се представе математичким зависностима између физичких величина. Величине су производ бројних вредности и јединица.

Величине могу бити скаларне (маса, температура, рад, итд), векторске (сила, брзина, убрзање,...) и тензорске (напрезање, деформација, моменти инерције). Према начину дефинисања, физичке величине деле се на основне и изведене. Међународни систем јединица SI (Système International d'Unités) дефинише седам основних величина:

- |                               |        |
|-------------------------------|--------|
| 1. Дужина                     | $l, L$ |
| 2. Маса                       | $m$    |
| 3. Време                      | $t$    |
| 4. Електрична струја          | $I$    |
| 5. Термодинамичка температура | $T$    |
| 6. Количина материје          | $n$    |
| 7. Светлосна јачина           | $I_v$  |

Табела 7.1. Основне јединице SI система

Физ. величина		Основна јединица SI			
Назив	Озн.	Назив	Озн.	Дефиниција	
дужина	$l, L$	метар	m	Метар је дужина пута коју пређе светлост у вакууму за време од 1/299 792 458-ог дела секунде (1983.)	
маса	$M$	килограм	kg	Килограм је јединица масе и једнак је маси међуна-родног пракилограма (1901.)	
време	$t$	секунда	s	Секунда је једнака трајању 9 192 631 770 периода зрачења које одговара прелазу између два суседна нивоа основног стања атома цезија 133 (1967.)	
јачина електричне енергије	$I$	ампер	A	Ампер представља сталну електричну струју која би код протока кроз два паралелна проводника бесконачне дужине а занемарљивог попречног пресека, која се налазе у вакууму на растојању од 1 метра, производила међу њима силу од $2 \times 10^{-7}$ њутна по дужном метру.	
термодин. температ.	$T$	келвин	K	Келвин је 273,16-ти део термодинамичке температуре тројне тачке воде. (1967.)	
количина материје	$n$	мол	mol	Мол је скуп неког састава који садржи онолико елементарних јединица колико има атома у 0,012 килограма угљеника 12. (1971.) (Када се користи мол, онда треба навести елементарне јединице, као што су атоми, молекули, јони, електрони и друге честице или скуп честица).	
јачина светлости	$I_v$	кандела (candela)	cd	Кандела је светлосна јачина у датом смеру извора који одаје једнобојно зрачење фреквенције $540 \times 10^{12}$ херца и чија је јачина у том смеру 1/683 вата по стераријану. (1979.)	

Табела 7.2. Изведене јединице SI система

Физичка величина		Јединица SI		
Назив	Ознака	Назив	Ознака	Односи
<b>дужина</b>	<b><math>x, y, z, l, r</math></b>	<b>метар</b>	<b>m</b>	<b>SI-основна јединица</b>
		астрон. јединица*	АЕ	1 АЕ = 149,600×10 <sup>9</sup> m
		светлосна година*	SG	1 SG = 9,4605×10 <sup>15</sup> m
		ангстрем*	Δ	1Δ = 10 <sup>-10</sup> m
		морска миља*	sm	1sm = 1952 m
угао у равни	$\alpha, \varphi$	радијан	rad	1 rad = 1 m/m
		степен	°	1° = π/180 rad
		пуни угао		2πrad = 360 <sup>0</sup>
угао у простору	$\Omega$	стерадиан	sr	1 sr = 1 m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
површина	$A$	квадратни метар	m <sup>2</sup>	
		ар	a	1a = 100 m <sup>2</sup>
		хектар	ha	1 ha = 100 a = 10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup>
		барн	b	1 b = 10 <sup>-28</sup> m <sup>2</sup>
запремина	$V$	кубни метар	m <sup>3</sup>	
		литар	l	1 l = 10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> = 10 <sup>3</sup> cm <sup>3</sup>
		Барел*	barrel	1 barrel = 158,987 l
<b>маса</b>	<b><math>M</math></b>	<b>килограм</b>	<b>kg</b>	<b>SI-основна јединица</b>
		грам	g	1 g = 10 <sup>-3</sup> kg
		тона	t	1 t = 10 <sup>3</sup> kg
		метрички карат	Kt	1 Kt = 0,2 g
густина	$\rho$		kg/m <sup>3</sup>	1 kg/m <sup>3</sup> = 10 <sup>-3</sup> g/cm <sup>3</sup>
<b>време</b>	<b><math>t</math></b>	<b>секунда</b>	<b>s</b>	<b>SI-основна јединица</b>
		минут	min	1 min = 60 s
		час	h	1 h = 60 min = 3600 s
		дан	d	1 d = 24 h
фреквенца	$f, \nu$	херц (Hertz)	Hz	1 Hz = 1/s
број обртаја	$n$	обртаја у мин	min <sup>-1</sup>	1 min <sup>-1</sup> = 1/60 s <sup>-1</sup>
кружна фреквенца	$\omega$		1/s	
брзина	$v$	метар у секунди	m/s	1 m/s = 3,6 km/h
		чвор*	kn	1 kn = 1sm/h = 0,5144 m/s
убрзање	$a$		m/s <sup>2</sup>	
	$g_n$	убрз. земљине теже	g	g = 9,80665 m/s <sup>2</sup>
угаона брзина	$\omega$		rad/s	1 rad/s = 1/s
угаоно убрзање	$\alpha$		rad/s <sup>2</sup>	1 rad/s <sup>2</sup> = 1/s <sup>2</sup>
сила	$F$	њуџн (Newton)	N	1 N = 1 kg m/s <sup>2</sup>
		килопонд*	kp	1 kp = 9,80665 N
обртни момент	$M$	њуџн-метар	N m	
импулс	$p$	њуџн-секунд	N s	1 N s = 1 kg m/s
обртни импулс	$L$	њуџн-метар-секунда	N m s	1 N m s = 1 k m <sup>2</sup> /s
момент ин. тела	$J$		kg m <sup>2</sup>	

Табела 7.2. Изведене јединице SI система (наставак)

Физичка величина		Јединица SI		
Назив	Ознака	Назив	Ознака	Односи
рад	$W$	џул (Joule)	J	$1 \text{ J} = 1 \text{ N m} = 1 \text{ W s}$
енергија	$E$	киловат-час	kW h	$1 \text{ kW h} = 3,6 \times 10^6 \text{ J}$
количина топлоте	$Q$	електрон-волт	eV	$1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$
		ерг*	Erg	$1 \text{ erg} = 10^{-7} \text{ J}$
		калорија*	cal	$1 \text{ cal} = 4,1868 \text{ J}$
снага	$P$	ват (Watt)	W	$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s} = 1 \text{ V A}$
		коњска снага*	KS	$1 \text{ KS} = 735,5 \text{ W}$
притисак	$p$	паскал (Pascal)	Pa	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$
		бар	Bar	$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 10^3 \text{ mbar}$
		mm живиног стуба	mm Hg	$1 \text{ mm Hg} = 133,322 \text{ Pa}$
		тор*	Torr	$1 \text{ Torr} = 1,333224 \text{ mbar}$
		физ. атмосфера*	atm	$1 \text{ atm} = 1,01325 \times 10^5 \text{ Pa}$
		техничка атмосфера*	at	$1 \text{ at} = 1 \text{ kp/cm}^2 = 0,981 \text{ bar}$
		метара вод. стуба*	m WS	$1 \text{ m WS} = 9806,65 \text{ Pa}$
механички напон	$\sigma$	паскал (Pascal)	Pa	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$
модул еластичн.	$E$	мегапаскал	MPa	$1 \text{ MPa} = 1 \text{ N/mm}^2$
модул клизања	$G$	мегапаскал	MPa	$1 \text{ MPa} = 1 \text{ N/mm}^2$
компр. модул	$K$	мегапаскал	MPa	$1 \text{ MPa} = 0,102 \text{ kp/mm}^2$
динамичка вискозност	$\eta$	паскал-секунда	Pa s	$1 \text{ Pa s} = 1 \text{ kg/(s m)}$
		poise* (пуас)	P	$1 \text{ P} = 0,1 \text{ Pa s}$
кинемат. вискозност	$\nu$		m <sup>2</sup> /s	
		Stokes* (стокс)	St	$1 \text{ St} = 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
<b>јачина ел. енергије</b>	<b><math>I</math></b>	<b>ампер</b>	<b>A</b>	<b>SI-основна јединица</b>
густина струје	$j, J$		A/m <sup>2</sup>	
електрични напон	$U$	волт (Volt)	V	$1 \text{ V} = 1 \text{ W/A}$
електр. потенцијал	$\phi$			$1 \text{ V} = 1 \text{ kg m}^2/(\text{A s}^3)$
електрични отпор	$R$	Ом (Ohm)	$\Omega$	$1 \Omega = 1 \text{ V/A}$
електр. проводљив.	$G$	сименс	S	$1 \text{ S} = 1 \text{ A/V} = 1/\Omega$
спец. електр. отпор	$\rho$	ом-метар	$\Omega \text{ m}$	$1 \Omega \text{ m} = 1 \text{ V m/A}$
спец ел. проводљ.	$\kappa$	сименс/метар	S/m	$1 \text{ S/m} = 1/(\Omega \text{ m})$
електрич. пуњење	$Q$	кулон (coulomb)	C	$1 \text{ C} = 1 \text{ A s}$
колич. електрицит.	$Q$	ампер-час	A h	$1 \text{ A h} = 3600 \text{ C}$
повр. густ. пуњења	$\sigma$		C/m <sup>2</sup>	
ел густ. протока				
померање	$D$			
електрични капацитет	$C$	Фарад (Farad)	F	$1 \text{ F} = 1 \text{ C/V} = 1 \text{ A s/V}$
пермитивитет	$\epsilon$	фарад/метар	F/m	$1 \text{ F/m} = \text{A s}/(\text{V m})$
диелектрична кон.	$\epsilon$			
јачина електр. поља	$E$	волт/метар	V/m	$1 \text{ V/m} = 1 \text{ kg m}/(\text{s}^3 \text{ A})$
јачина магн. поља	$H$	ампер/метар	A/m	
		Ерстед* (Oersted)	Oe	$1 \text{ Oe} = [10^3/(4\pi)] \text{ A/m}$

Табела 7.2. Изведене јединице SI система (наставак)

Физичка величина		Јединица SI		
Назив	Ознака	Назив	Ознака	Односи
магнетни флуks	$\Phi$	вебер (Weber)	Wb	$1 \text{ Wb} = 1 \text{ V s} = 1 \text{ T m}^2$
		максвел* (Maxwell)	M	$1 \text{ M} = 10^{-8} \text{ Wb}$
магн. густ. флуksа	$B$	тесла	T	$1 \text{ T} = 1 \text{ Wb/m}^2 = 1 \text{ V s/m}^2$
		гаус* (Gauß)	G	$1 \text{ G} = 10^{-4} \text{ T}$
индуктивност	$L$	Хенри (Henry)	H	$1 \text{ H} = 1 \text{ Wb/A} = 1 \text{ V s/A}$
пермеабилност	$\mu$	хенри/метар	H/m	$1 \text{ H/m} = 1 \text{ V s/(A m)}$
<b>термод. температ.</b>	<b><math>T</math></b>	<b>Келвин (Kelvin)</b>	<b>K</b>	<b>SI-osnovna јединица</b>
тем.по Целзиусу	$t$	степен Целзиус	°C	$t/^{\circ}\text{C} = T/\text{K} - 273,15$
температура по Фахренхајту		степ. Фахренхајт* (Fahrenheit)	°F	$t/^{\circ}\text{F} = 1,8t/^{\circ}\text{C} + 32$
количина топлоте	$Q$	џул (Joule)	J	$1 \text{ J} = 1 \text{ kg m}^2/\text{s}^2 = 1 \text{ W s}$
спец.топл. капацит.	$c$		J/(kg K)	
топлот. проводљ.	$\lambda$		W/(m K)	
коэф. прелаза топлоте	$\alpha$		W/(m <sup>2</sup> K)	
<b>јачина светлости</b>	<b><math>I</math></b>	<b>кандела</b>	<b>cd</b>	<b>SI-osnovna јединица</b>
густина светлости	$L$	cd/m <sup>2</sup>		
		Stilb*	sb	$1 \text{ sb} = 10^4 \text{ cd/m}^2$
светлосни флуks	$\Phi$	лумен	lm	$1 \text{ lm} = 1 \text{ cd sr}$
осветљеност	$E$	луks	lx	$1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$
јачина зрачења	$E_e$		W/m <sup>2</sup>	
јачина зрака	$I_e$		W/sr	
густина зрака (сјај површине)	$L_e$		W/(m <sup>2</sup> sr)	
оптичка моћ	$D$	диоптрија	dpt	$1 \text{ dpt} = 1/\text{m}$
активност радио-активног извора	$A$	Беккерел (бекерел)	Bq	$1 \text{ Bq} = 1/\text{s}$
		Curie* (кири)	Ci	$1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$
апсорциона доза	$D$	Gray (греј)	Gy	$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$
зрачења		Rad* (рад)	rd	$1 \text{ rd} = 0,01 \text{ Gy}$
еквивалентна доза	$H$	Sievert (сиверт)	Sv	$1 \text{ Sv} = 1 \text{ J/kg}$
		Rem* (рем)	rem	$1 \text{ rem} = 0,01 \text{ Sv}$
снага апсопц. дозе	$\dot{D}$		Gy/s	$1 \text{ Gy/s} = 1 \text{ W/kg}$
експозициона доза	$J$		C/kg	$1 \text{ C/kg} = 1 \text{ A s/kg}$
		Röntgen* (ренген)	R	$1 \text{ R} = 258 \times 10^6 \text{ C/kg}$
<b>количина материје</b>	<b><math>n</math></b>	<b>мол</b>	<b>mol</b>	<b>SI-osnovna јединица</b>
моларна маса	$M$		g/mol	$1 \text{ g/mol} = 10^{-3} \text{ kg/mol}$
моларна запремина	$V_m$		l/mol	$1 \text{ l/mol} = 10^{-3} \text{ m}^3/\text{mol}$
моларни топлотни капацитет	$C_m$		J/(mol K)	

Напомена: Изведене јединице означене звездicom (\*) су старе јединице, које више нису у употреби.

Изведене величине добијају се из основних величина сходно физичким и техничким законитостима:

На пример

брзина:

$$brzina = \frac{duzina(put)}{vreme}; \quad v = \frac{s}{t}$$

густина:

$$\text{gustina} = \frac{\text{masa}}{\text{zapremina}}; \quad \rho = \frac{m}{V}$$

Табела 7.3. Префикси међународног система јединица код добијања децималних јединица

Назив	Ознака	Фактор	Назив	Ознака	Фактор
јота (yotta)	Y	$10^{24}$	деци	d	$10^{-1}$
зета (zetta)	Z	$10^{21}$	центи	c	$10^{-2}$
екса (exa)	E	$10^{18}$	мили (milli)	m	$10^{-3}$
пета	P	$10^{15}$	микро (micro)	$\mu$	$10^{-6}$
тера	T	$10^{12}$	нано	n	$10^{-9}$
гига	G	$10^9$	пико (pico)	p	$10^{-12}$
мега	M	$10^5$	фемто	f	$10^{-15}$
кило	k	$10^3$	ато (atto)	a	$10^{-18}$
хекто (hecto)	h	$10^2$	зепто	z	$10^{-21}$
дека (deca)	da	10	јокто (yocto)	y	$10^{-24}$

Појам *специфични* означава величину која је подељена са масом  $m$  на пример специфична запремина:  $v = V/m$ .

Појам *моларни* означава величину која је подељена са количином материје  $n$  на пример моларна запремина:  $V_m = V/n$ .

Табела П8-1. Упоредни приказ ознака ЈУС – DIN EN за челичне материјале

Врста материјала	Ознака					
	Стандард		Материјал бр	Стандард		Материјал бр.
	JUS	DIN EN 10025	DIN EN 10027	JUS	DIN EN 10025	DIN EN 10027
Нелегирани (општи) конструкциони челици	-	S185	1.0035	Č 0462	S275JO	1.0143
	Č 0360	S235JR	1.0037	Č 0462	S275J2G3	1.0144
	Č 0371	S235JRG1	1.0036	Č 0562	S355JO	1.0553
	Č 0361	S235JRG2	1.0038	Č0563, Č0561	S355J2G3	1.0570
	Č 0362	S235JO	1.0114	Č 0545	E295	1.0050
	Č 0363	S235J2G3	1.0116	Č 0645	E335	1.0060
		S275JR	1.0044	Č 0745	E360	1.0070
	Конструкциони челици фине структуре	JUS	DIN EN 10113	DIN EN 10027	JUS	DIN EN 10028
-		S275N	1.0490	ČRV 280	P275NH	1.0487
-		S355N	1.0545	ČRV 250	P355NH	1.0565
Č 0420		S420N	1.8902	ČRV 460	P460NH	1.8935
Челици за побољшање	JUS	DIN EN 10083	DIN EN 10027	JUS	DIN EN 10083	DIN EN 10027
	Č 1330	C25	1.0406	Č 1332	C25R	1.1163
	Č 1430	C35	1.0501	Č1630	C50R	1.1241
	Č 1530	C45	1.0503	Č 1731	C60R	1.1223
	Č1331	C22E	1.1151	Č 3135	28Mn6	1.1170
	Č 1434	C30E	1.1178	Č 4731	34CrMo4	1.7220
Č 1531	C40E	1.1186	(Č4782) Č 4732 (Č4832)	42CrMoS4	1.7226	
Челици за цементацију	JUS	DIN EN 10084	DIN EN 10027	JUS	DIN EN 10084	DIN EN 10027
	Č 1121	C10E	1.1121	Č 4321	20MnCr5	1.7147
	Č 1221	C15E	1.1141	Č4721	20MnCr4	1.7321
	Č 4120	17Cr3	1.7016	Č 74201	22CrMoS3-5	1.7333
	Č 41341	28Cr4	1.7030	Č7422,	20NiCrMo2-2	1.6523
	Č 4320	16MnCr5	1.7131	Č75201 Č5420 Č 4520	17CrNi6-6 18CrNiMo7-6	1.5918 1.6587
Челици за нитрирање	JUS	DIN EN 10085	DIN EN 10027	JUS	DIN EN 10085	DIN EN 10027
	Č 4738	31CrMo12	1.8515	Č 4739	34CrAlMo5-10	1.8507
	Č 47304	31CrMoV9	1.8519	Č 4531	34CrAlNi7-10	1.8550
	-	33CrMoV12-9	1.8522			
Челици за пламено и индукционо каљење	JUS	DIN EN 17212	DIN EN 10027	JUS	DIN EN 17212	DIN EN 10027
	Č 1436	Cf35	1.1183	-	45Cr2	1.7005
	Č 1534	Cf45	1.1193	-	38Cr4	1.7043
	Č 1633	Cf53	1.1213	-	42Cr4	1.7045
	-	Cf70	1.1249	-	41CrMo4	1.7223

Табела П8-2. Упоредни приказ ознака JUS – DIN EN за ливене материјале

Ознака					
Стандард		Материјал бр.	Стандард		Материјал бр.
<b>Сиви лив</b>					
<b>JUS</b>	<b>DIN EN 1561</b>		<b>JUS</b>	<b>DIN EN 1561</b>	
SL 100	EN-GJL-100	EN-JL 1010	SL 250	EN-GJL-250	EN-JL 1040
SL 150	EN-GJL-150	EN-JL 1020	SL 300	EN-GJL-300	EN-JL 1050
SL 200	EN-GJL-200	EN-JL 1030	SL 350	EN-GJL-350	EN-JL 1060
<b>Нодуларни лив</b>					
<b>JUS</b>	<b>DIN EN 1563</b>		<b>JUS</b>	<b>DIN EN 1563</b>	
NL 400-15	EN-GJS-400-15	EN-JS 1030	NL 700-2	EN-GJS-700-2	EN-JS-1070
NL 500-7	EN-GJS-500-7	EN-JS 1056	NL 800-2	EN-GJS-800-2	EN-JS-1080
NL 600-3	EN-GJS-600-3	EN-JS 1060			
<b>Црни темпер лив</b>			<b>Бели темпер лив</b>		
<b>JUS</b>	<b>DIN EN 1562</b>		<b>JUS</b>	<b>DIN EN 1562</b>	
CTEL 350	EN-GJMB-350-10	EN-JM 1130	BETEL 350	EN-GJMW-350-4	EN-JM 1010
CTEL 450	EN-GJMB-450-6	EN-JM 1140	BETEL 360	EN-GJMW-360-12	EN-JM 1020
CTEL 550	EN-GJMB-550-4	EN-JM 1160	BETEL 400	EN-GJMW-400-5	EN-JM 1030
CTEL 650	EN-GJMB-650-2	EN-JM 1180	BETEL 450	EN-GJMW-450-7	EN-JM 1040
CTEL 700	EN-GJMB-700-2	EN-JM1190			
<b>Нелегирани челични лив</b>					
<b>JUS</b>	<b>DIN EN 1564</b>		<b>JUS</b>	<b>DIN EN 1564</b>	
ČL0300	GS 200	1.0449	ČL0300	GE 300	1.0558
ČL0400	GS 240	1.0455	ČL0400		