



Тема:

ДОДАЦИ ЗА ОБРАДУ

Др Мијодраг Милошевић

Додаци за обраду

При пројектовању припремака са високим степеном технолоичности за задате услове производње потребно је, међу факторима који утичу на технолоичност, обезбедити и **технолоичност у погледу врсте, облика, димензија и толеранција њихове израде**.

Димензије припремака и одговарајуће **економичне толеранције** треба да обезбеде неопходну ефикасност целокупног процеса израде производа.

За постизање потребне тачности у технолошком процесу обраде резањем, која је одређена цртежом производа, односно дела, потребно је одредити неопходне **додатке за обраду одговарајућег припремака**.

Одређивањем неопходних додатака за обраду, којим ће се обезбедити захтевана тачност дела, врши се значајан допринос усвајању неопходних димензија припремака, што се може закључити анализом фактора који утичу на његов избор.

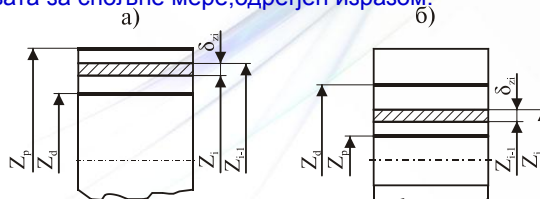
Додаци за захвате обраде резањем

Ако се означе мере обрадкa у i -том и претходном захвату са Z_i и Z_{i-1} , онда је додаток за обраду i -тог захвата за спољне мере, одређен изразом:

$$\delta_{zi} = Z_{i-1} - Z_i$$

а за унутрашње мере, додаток за захват обраде биће:

$$\delta_{zi} = Z_i - Z_{i-1}$$



Укупни додатак за обраду

Укупни додатак за обраду на одређеној површини обрадка једнак је збиру додатака за захвате обраде те површине. Према слици укупни додатак за обраду биће:

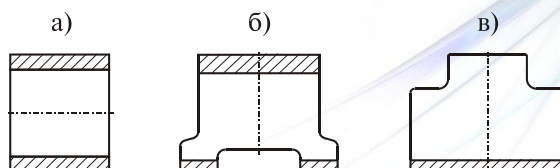
• За спољне површине:
$$\delta = \sum_{i=1}^k \delta_{zi} \quad \delta = Z_p - Z_d$$

• За унутрашње површине:
$$\delta = \sum_{i=1}^k \delta_{zi} \quad \delta = Z_d - Z_p$$

где су:

- k - број захвата обраде посматране површине
- Z_p - мера припремка
- Z_d - мера дела по цртежу

Код ротационих обрадака додатак за обраду је симетричан, а код неротационих може бити **симетричан** (а), **асиметричан** (б) и **једностран** (в)



Методe за одређивање додатака за обраду

У производној пракси примењују се два начина за одређивање додатака за обраду:

1. Применом **препоручених додатака** који су одређени на бази статистичке обраде искуствених података из производне праксе. Разуме се да овако одређени додаци за обраду могу бити често и недовољни, али и непотребно велики. Ипак, у појединачној и малосеријској производњи, овај начин одређивања додатака редовно је у примени.
2. Други начин је заснован на примени **рачунско аналитичке методе**, која је базирана на анализи грешака израде припремка, као и грешака које настају у обради резањем и термичкој обради. Према томе, ова метода садржи **квантитативне** и **квалитативне** елементе квалитета.

Квантитативни квалитет огледа се у одређивању **минималног додатка за обраду**, неопходног за отклањање грешака које настају у изради и обради припремка. Према томе, овако одређени додаци за обраду су рационални и значајно утичу на пројектовање припремка високог степена технологичности.

Анализа врсте, места и узрока настајања грешака израде и обраде припремка чини **квалитативни квалитет** ове методе, јер омогућује изнаглажење евентуалних могућности отклањања, или смањивања поменутих грешака. Ова метода за одређивање додатака за обраду углавном се примењује код обраде на подешеним машинама, као и код крупносеријске и масовне производње.

Додаци за обраду, који се одређују овом методом, морају бити **проверени у пракси**, али и **упоређивањем са препорученим додацима** за обраду.

Рачунско аналитичка метода за одређивање додатака за обраду

Код сваког припремка, зависно од начина његове израде, постоје одговарајуће **грешке израде**. У процесу обраде резањем ове грешке се **умањују**, али у извесној мери и преносе, односно **копирају** све до износа који је дозвољен цртежом. Према томе, после сваког захвата обраде, остају грешке израде припремка које се копирају и **грешке које настају у процесу обраде резањем**. Ове грешке зависе од **врсте обраде, режима, геометријске тачности обрадног система** и других фактора.

Елементи додатка за обраду:

За прорачун додатака за обраду рачунско аналитичком методом узимају се у обзир следеће грешке израде и обраде припремка:

- Површинска храпавост R
- Дубина дефектног слоја материјала C
- Геометријска грешка облика и односа површина и оса ρ
- Грешка позиционирања и стезања ε

Површинска храпавост је последица процеса израде припремка, односно последица обрадних процеса резањем и представља **висину микро неравнина**. При прорачуну додатака узима се **максимална висина** ових неравнина.

Дефектни слој припремка, односно обрадка, карактерише се одступањем физичко-механичких особина материјала у површинском слоју.

Елементи додатка за обраду:

Геометријске грешке облика, као што су **овалност, конусност, угнутост, испупченост** и сл., морају се по правилу налазити у толеранцији мере. С друге стране, толеранција мере зависи, поред осталог, и од грешака облика.

Грешке односа површина и оса, као што су **искривљеност, витоперност, ексцентричност, непаралелност, неуравност** и сл. улазе у прорачун величине додатка и морају бити до мере дозвољене цртежом отклоњене одговарајућим бројем захвата и пролаза.

Грешке позиционирања и стезања у сваком захвату обраде утичу на одговарајући додаток за обраду.

Одређивање додатака за захвате обраде:

Узимајући у обзир све поменуте грешке, може се за било који захват обраде одредити одговарајући минимални додаток за обраду једне стране на основу:

$$\delta_{z_{\min}} = R_{i-1} + C_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i$$

а код симетричних додатака, према слици, додаток за обе стране биће:

$$\delta_{z_{\min}} = 2(R_{i-1} + C_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i)$$

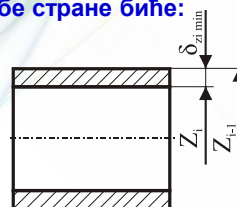
где су:

R_{i-1} максимална храпавост претходног захвата обраде или израде припремка

C_{i-1} дефектни слој претходног захвата обраде или израде припремка

ρ_{i-1} геометријска грешка облика и односа површина и оса претходног захвата обраде или израде припремка

ε_i грешка позиционирања и стезања у i -том захвату обраде



Одређивање података за захвате обраде:

Грешке R и C зависе од **врсте и технолошког процеса израде припремка**, односно **врсте процеса обраде резањем**. Износи ових грешака, као што ће се видети касније, узимају се **из литературе**.

Геометријска грешка ρ , у општем случају, обухвата више елемената. Одређује се као векторски збир елемената ове грешке, односно:

$$\vec{\rho} = \vec{\rho}_1 + \vec{\rho}_2 + \dots + \vec{\rho}_i + \vec{\rho}_m$$

За случајеве када није познат правац елемената укупни износ ове грешке одређује се на основу претпоставке да елементи грешке међусобно стоје под правим углом, односно:

$$\rho = \sqrt{\rho_1^2 + \rho_2^2 + \dots + \rho_i^2 + \dots + \rho_m^2}$$

Неки елементи ове грешке могу да се одреде **израчунавањем**, а неки се усвајају **из литературе**.

Грешка позиционирања и стегања ε , узима се, у општем случају, као векторски збир грешке позиционирања ε_p и грешке стегања ε_s , односно:

$$\varepsilon = \varepsilon_p + \varepsilon_s$$

Грешка позиционирања углавном настаје **због непоклапања базе за позиционирање и базе за мерење**, односно **непоклапања конструкционе и технолошке базе**.

Грешка стегања настаје као последица **деформације обрадка услед силе стегања у прибору**. Ова грешка зависи од положаја обрадка у прибору и квалитета површине за стегање.

Најчешће се збирна грешка ε одређује из израза: $\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_p^2 + \varepsilon_s^2}$

Одређивање података за захвате обраде:

Ако се у истом стегању обрада једне површине, реализује са **два или више захвата** на обрадним системима са **обртним носачем алата**, као што је пример струг са NC управљањем са револверским носачем алата, грешка позиционирања за сваки следећи захват после претходног износи:

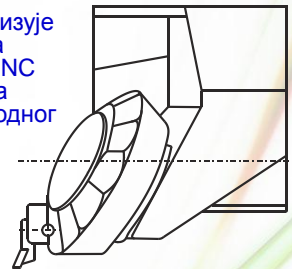
$$\varepsilon_i = k\varepsilon_{i-1} + \varepsilon_{ind}$$

где су:

- ε_i грешка позиционирања и стегања за i -ти захват
- k коефицијент копирања грешке позиционир. и стегања претх. захвата
- ε_{i-1} грешка позиционирања и стегања претходног захвата обраде
- ε_{ind} грешка машине која се односи на грешку поделе и налази се у бази података за машине

Грешке позиционирања за најчешће коришћене приборе у технолошким процесима обраде резањем приказане су у табели 6.1.

Збирна грешка позиционирања и стегања комадних и округлих шипкастих обрадака у самоцентрирајући стезач дата је у табелама 6.2-6.4.



Неке грешке позиционирања при обради у приборима:

ПОЗИЦИОНИРАЊЕ	ШЕМА ПОЗИЦИОНИРАЊА	Грешке базирања ϵ_p за мере
У шилке предњи-крути, задњи - крути или обртни		$\epsilon_{D1}=0; \epsilon_{D2}=0; \epsilon_a=0; \epsilon_b=\Delta_c$ $\epsilon_c=\Delta_c$ Δ_c -одступање центра
У шилке предњи-пливајући, задњи крути или обртни		$\epsilon_{D1}=0; \epsilon_{D2}=0; \epsilon_a=0; \epsilon_b=0;$ $\epsilon_c=0$
У еластичне чауре са насном		$\epsilon_D=0; \epsilon_L=0$
У самоцентрирајући стезач са чеоним насном		$\epsilon_D=0; \epsilon_a=0; \epsilon_b=0; \epsilon_c=0$
У самоцентрирајуће призме или лебдеће призме		$\epsilon_d=0$
У призме при обради рупе са вођицом за алат		$\epsilon_e = \frac{T_D}{2 \sin \frac{a}{2}}$ а - угао призме T_D -толеранција пречника D

Толеранције додатака за захвате обраде

Последњи, завршни, захват обраде неке површине обрадка обрађује се у толеранцији према цртежу. Претходни захвати обраде посматране површине обрађују се у **економичним толеранцијама**.

Према томе, максималне вредности додатака за захвате зависе од толеранција мере посматраног захвата и захвата који му претходи:

$$\delta_{z_{i \max}} = \delta_{z_{i \min}} + T_{i-1} - T_i$$

где су:

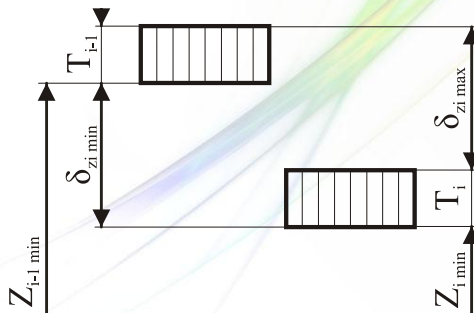
T_i економична толеранција i -тог захвата обраде

T_{i-1} економична толеранција претходног захвата обраде

Разлика максималне и минималне вредности додатка одређује његову толеранцију $T_{\delta i}$, односно:

$$T_{\delta i} = \delta_{z_{i \max}} - \delta_{z_{i \min}}$$

$$T_{\delta i} = T_{i-1} - T_i$$



Толеранције укупног додатка за обраду

На основу претходног, може се одредити толеранција укупног додатка за обраду:

$$\delta_{\max} = \delta_{\min} + T_p - T_d$$

$$T_\delta = \delta_{\max} - \delta_{\min}$$

$$T_\delta = T_p - T_d$$

где су:

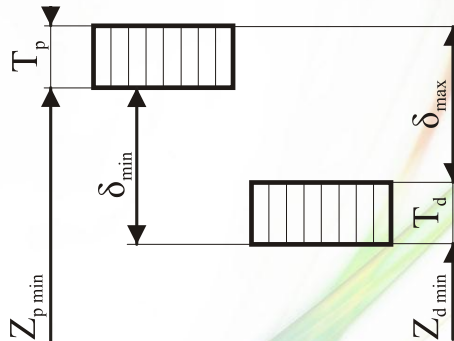
T_p *економична толеранција израде припремка*

T_d *толеранција дела према цртежу*

δ_{\max} *максимални укупни додаток за обраду*

δ_{\min} *минимални укупни додаток за обраду*

Економичне толеранције израде шипкастих и цевастих припремака, као и толеранција одливака и отковака дате у табелама.



Номинални додаци за обраду

Номиналне вредности додатака за обраду, које су меродавне за одређивање режима обаде, износе:

$$\delta_{z_{i, \text{nom}}} = \delta_{z_{i, \text{min}}} + Ad_{i-1} - Ad_i$$

а номинални укупни додаток биће:

$$\delta_{\text{nom}} = \delta_{\text{min}} + Ad_p - Ad_d$$

где су:

Ad_i *доње одступање мере посматраног i -тог захвата*

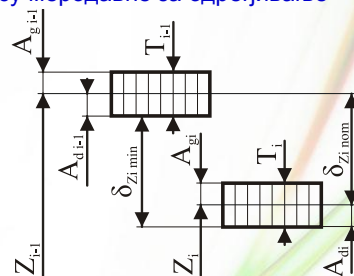
Ad_{i-1} *доње одступање мере претходног захвата*

Ad_p *доње одступање мере припремка*

Ad_d *доње одступање мере дела по цртежу.*

Додаци за обраду захвата, као и укупног и номиналног додатка за обраду унутрашњих површина, одређују се истим поступком као и за спољашње мере, с тим да се минималне вредности додатка добијају на основу максималних граничних мера захвата.

Одређивање додатака за обраду применом изложене методе најлакше се решава табеларно.



Одређивање додатака за обраду шипкастих припремака

На основу опште методе могу се одредити додаци за обраду ове врсте припремака.

Минимални додатак за захвате обраде одређује се на основу општег израза. Према томе, минимални додатак за **први захват обраде резањем**, односно захват **грубе обраде** биће:

$$\delta_{i_{\min}} = 2 \cdot (R_p + C_p + \rho_p + \varepsilon_1)$$

Геометријска грешка спољних површина код ове врсте припремака одређена је грешком облика, односно грешком искривљености:

$$\rho_p = \Delta k \cdot L_k$$

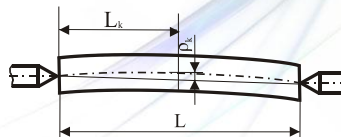
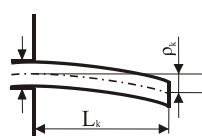
где су:

Δk специфична искривљеност, која је дата у табелама

L_k меродавна дужина припремка, од тачке позиционирања до места где се одређује додатак

ПРЕЧНИК (mm)	R	C
5-25	150	150
25-75	150	250
80-150	200	300
150-250	300	400

Максимална храпавост површина и дефектни слој топло ваљаних челичних шипки



а) стезање у самоцентрирајући стезач, б) базирање у шилъке

Одређивање додатака за обраду шипкастих припремака

При конзолном стезању припремка треба узети да је:

$$\rho_p = \rho_k \quad \rho_p = \Delta k \cdot L_k$$

а за случај стезања у шилъке:

$$\rho_p = \rho_k \quad \rho_p = 2\Delta k \cdot L_k \cdot \left(L_k < \frac{L}{2} \right)$$

Додатак за обраду за било који, дакле i-ти захват обраде резањем, одређује се према познатом изразу:

$$\delta_{zi_{\min}} = 2(R_{i-1} + C_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i)$$

Храпавост обрађене површине и дефектни слој за поједине врсте обраде топло ваљаних и вучених шипки дати су у табелама.

Геометријска грешка облика и односа површина, која настаје у процесу обраде резањем, одређује се на основу препорука из литературе:

После грубог стругања $\rho_1 = 0,06\rho_p$

После полузавршног стругања $\rho_2 = 0,05\rho_1$

После завршног стругања $\rho_3 = 0,02\rho_1$

После грубог брушења $\rho_4 = 0,06\rho_p$

После финог брушења $\rho_5 = 0,04\rho_p$

Одређивање додатака за обраду **шипкастих** припремака

Геометријска грешка после термичке обраде обрадка одређује се из израза:

$$\rho_k = \Delta k L$$

где су:

Δk специфично кривљење које настаје при термичкој обради,

L дужина обрадка

Напомиње се да, према препорукама из литературе, треба сматрати да је после термичке обраде дефектни слој $C=0$.

При обради **чеоних површина** обрадака као геометријска грешка јавља се **неуправност** чеоне површине у односу на осу као последица операција одсецања. Вредности ове грешке дате су у табели.

Према томе, укупни додатак за обраду шипкастих и цевастих припремака биће:

$$\delta_{\min} = \sum_1^k \delta_{zi_{\min}}$$

Граничне вредности пречника припремка биће:

$$D_{p_{\min}} = D_{d_{\min}} + \delta_{\min} \quad D_{p_{\max}} = D_{p_{\min}} + T_p$$

где су:

$D_{p_{\min}}$, $D_{p_{\max}}$ минимални и максимални пречник припремка

$D_{d_{\min}}$ минимални пречник дела према цртежу

T_p толеранција израде припремка

Препоручени додаци за обраду **шипкастих** припремака

Додаци за обраду, који су одређени применом рачунско аналитичке методе морају се **упоредити** са одговарајућим препорученим вредностима из литературе и проверити у производним условима.

Познато је да су препоручени додаци за обраду настали **статистичком обрадом** резултата из производне праксе у условима појединачне и малосеријске, односно, серијске и масовне производње. Вредности ових додатака за поједине врсте и квалитете обраде у литератури су дате као номиналне вредности.

У **појединачној и малосеријској** производњи додаци за обраду најчешће се узимају као **препоручене** номиналне вредности за поједине врсте и квалитете обраде и проверавају у производним условима израде производа.

У **крупносеријској и масовној** производњи препоручени додаци за обраду могу се узети као **орјентациони** полазни подаци, који се обавезно проверавају у производним условима, како у погледу могућности максималног смањивања тако и у погледу неопходности њиховог повећања.

За ефикасније упоређивање прорачунских и препоручених додатака за обраду, као и за ефикаснији избор препоручених додатака при пројектовању технолошких процеса израде производа, у табелама су дате препоруке ових додатака из литературе.

Одређивање додатака за обраду одливака

Применом рачунско аналитичке методе могу се одредити додаци за обраду одливака, користећи општи израз за минимални додатак за захвате обраде.

За први захват обраде резањем, односно захват грубе обраде одливака, минимални додатак ће износити:

$$\delta_{1\min} = R_p + C_p + \rho_p + \varepsilon_1$$

Храпавост површина R_p и дефектни слој C_p одливка дати су у табелама.

Геометријска грешка облика и односа површина и оса састоји се, у општем случају, из два дела:

ρ_{kp} грешка витоперења, односно искривљености одливка

ρ_{ex} грешка ексцентричности отвора који се лије, као последица померања језгра

Грешка која настаје услед витоперења одливка одређује се на следећи начин:

где је:

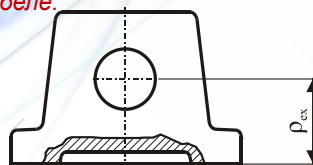
$$\rho_{kp} = \Delta k \cdot L_k$$

Δk специфично витоперење, које се узима из табеле.

Грешка, која се појављује као ексцентричност осе отвора који се лије у односу на базу, узима се као толеранција израде посматраног одливка, односно:

$$\rho_{ex} = T_p$$

Толеранције израде одливака, дате су у табелама.



Одређивање додатака за обраду одливака

Укупна геометријска грешка одливака биће: $\rho_p = \sqrt{\rho_{kp}^2 + \rho_{ex}^2}$

Додатак за било који захват обраде резањем биће:

$$\delta_{zi\min} = R_{i-1} + C_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i$$

уз напомену да се после првог захвата обраде резањем узима да је:

$\rho_2 = 0,04\rho_{kp}$

$C_2 = 0$ за сиви лив, обојене метале и темпер лив

Максимална храпавост и дебљина дефектног слоја, као и економичне толеранције за поједине врсте обраде одливака резањем, који се користе за израчунавање додатака за обраду дате су у табелама.

Укупни додатак за обраду одређује се на основу додатака за обраду свих усвојених захвата обраде, односно:

где је:

$$\delta_{\min} = \sum_1^k \delta_{zi\min}$$

k број захвата обраде резањем

Укупни додатак за обраду, као и додаци за поједине захвате обраде, који су одређени рачунско аналитичком методом морају се упоредити са одговарајућим препорученим вредностима и проверити у производној пракси (табеле).

Одређивање додатака за обраду отвора код одливака

За одређивање додатака за обраду отвора који су добијени ливењем користи се изложена рачунско аналитичка метода, уз избор елемената грешака R , C , ρ и ε из одговарајућих табела за одливке.

Минималне мере **отвора**, **дебљине зидова** и **нагиба** који се могу добити појединим врстама ливења дате су у табелама.

За обраду отвора у пуном материјалу, код којих су први захвати обраде забушивањем, односно бушењем спиралном бургијом, јавља се геометријска грешка ρ која обухвата, осим **грешке позиционирања алата** у односу на осу отвора ε_o изазвану грешком машине, и **грешку одступања од осе отвора** ε_y .

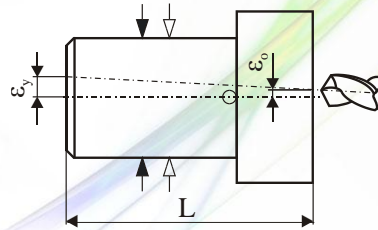
Ова грешка одређује се из израза:

$$\rho = \sqrt{\varepsilon_o^2 + \varepsilon_y^2} \quad \varepsilon_y = \Delta y \cdot L$$

где су:

Δy *специфично померање осе бургије у процесу бушења, дато у табели*

L *дужина бушења*



Захвати обраде који следе после обраде бушењем треба да отклоне и грешку ρ , па се на основу тога може одредити пречник бургије, који обезбеђује почетну величину отвора.

Дефинисање цртежа одливка

На основу цртежа производа, усвојене врсте одливка и одређених додатака за обраду, дефинише се **цртеж одливка**, који треба, уз изабрану врсту одливка, усвојени облик, димензије и толеранције да обезбеди неопходну технолоичност.

При дефинисању цртежа одливка треба усвојити препоручене вредности **ливачких нагиба**, **толеранција израде**, као и **радијусе заобљења** и **прелаза**, у складу са препорукама које су дате у табелама.

При дефинисању радијуса заобљења и прелаза треба извршити њихову проверу према изразу:

$$r_p \leq r_d + \delta_{\min} + A_{dp} - A_{dd}$$

где су:

r_p *радијус заобљења припремка*

r_d *радијус заобљења дела*

A_{dp} *доње гранично одступање мере одливка*

A_{dd} *доње гранично одступање мере дела*

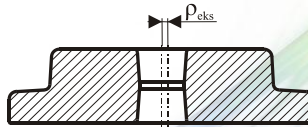
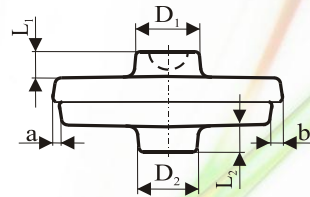
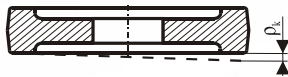
δ_{\min} *минимални укупни додатак за обраду*

Одређивање додатака за обраду **отковака** у калупу

Као и код одливака, применом рачунско аналитичке методе могу се одредити додаци за обраду отковака у калупу, уз одређене специфичности примене.

За први захват обраде резањем, односно за захват грубе обраде, минимални додатак биће одређен из познатог израза:

$$\delta_{\min} = R_p + C_p + \rho_p + \varepsilon_1$$



Максимална храпавост површине отковка R_p и дубина дефектног слоја C_p дате су у табели.

Геометријска грешка облика и односа површина и оса отковака, у општем случају, се састоји од:

- ρ_{kp} грешка због витоперења отковка
- ρ_{pp} грешка профила отковка због померања делова калупа
- ρ_{eks} грешка због ексцентричности отвора у односу на спољну површину, када се отвор кује у посебној операцији

Одређивање додатака за обраду **отковака** у калупу

Искривљеност или витоперење отковка ρ_{kp} може имати велику вредност, па се исправљањем на преси умањује.

Ова грешка израчунава се према изразу: $\rho_{kp} = \Delta k \cdot L_k$

где су:

Δk специфична искривљеност, која зависи од средњег пречника отковка и узима се из табеле.

L_k меродавна димензија отковка

$$D_{sr} = \frac{\sum_{i=1}^N D_i L_i}{\sum_{i=1}^N L_i}$$

где су:

D_i пречници елемената отковка

L_i дужине елемената отковка

N број елемената отковка

Грешка витоперења може да се усвоји и на основу табеле.

Грешка померања профила ρ_{pp} и ексцентричности ρ_{ex} усваја се из табела.

Грешка померања профила одређена је следећим изразом:

$$\rho_{pp} = \frac{a-b}{2}$$

За отковке у облику осовина укупна геометријска грешка износи:

$$\rho_p = \sqrt{\rho_{pp}^2 + \rho_{kp}^2}$$

а за отковке у облику дискова са отвором ова грешка на радијалним мерама одређена је изразом:

$$\rho_p = \sqrt{\rho_{pp}^2 + \rho_{ex}^2}$$

Одређивање додатака за обраду **отковака** у калупу

Додатак за обраду за било који захват обраде резањем, према томе, одређен је изразом:

$$\delta_{z_{\min}} = R_{i-1} + C_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i$$

а укупни додатак:

$$\delta_{\min} = \sum_{i=1}^k \delta_{z_{\min}}$$

Максимална храпавост површине која се постиже у појединим врстама обраде, као и дубине дефектног слоја дате су у табели.

За поједине врсте обраде резањем геометријска грешка ρ_i одређује се на следећи начин:

$\rho_2 = 0,06\rho_p$ геометријска грешка после грубе обраде стругањем

$\rho_3 = 0,05\rho_2$ геометријска грешка после полузавршног стругања

$\rho_4 = 0,04\rho_2$ геометријска грешка после финог стругања

После термичке обраде отковака геометријска грешка која утиче на додатке за обраду за захвате после термичке обраде износи:

$$\rho_k = \Delta k \cdot L_k$$

где су:

Δk специфично витоперење које се узима из табеле

L_k меродавна димензија отковка, односно дела

Одређивање додатака за обраду **отковака** у калупу

Код одређивања додатака за обраду **чеоних површина** отковака у облику дискова и зупчаника геометријска грешка се узима на следећи начин:

$\rho_p = \rho_{kp}$ грешка витоперења отковка

$\rho_1 = 0,06\rho_p$ геометријска грешка после грубе обраде

$\rho_2 = 0,003\rho_p$ геометријска грешка после полузавршне обраде

Код одређивања додатака за обраду чеоних површина код којих је $R-r > 50$, геометријска грешка се **увећава** за износе:

$\rho_n = 0,15(R-r)$ (0,001 mm), после захвата грубе обраде

$\rho_n = 0,1(R-r)$ (0,001 mm), после полузавршне обраде

Узимајући у обзир накнадне деформације чеоних површина са коефицијентима 1,2 и 1,1 укупна геометријска грешка облика и односа чеоних површина биће:

$$\rho_n = 1,2 \{ 0,06\rho_p + 0,15(R-r) \} \text{ после грубе обраде}$$

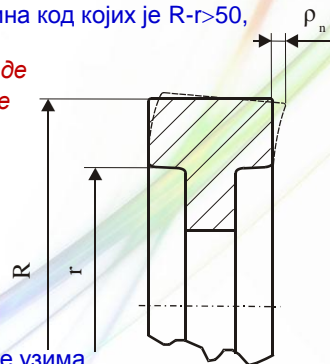
$$\rho_n = 1,1 \{ 0,003\rho_p + 0,1(R-r) \} \text{ после полузавршне обраде}$$

Геометријска чеона грешка после термичке обраде узима се, према препорукама:

$$\rho_k \cong 0,8D$$

где је

D највећи пречник обраде односно дела



Прорачун толеранција израде **отковка** у калупу

Толеранцију отковка у калупу одређују грешке облика и мера које се јављају у процесу ковања, као што су:

N_p недокованост, за мере паралелне правцу силе ковања

H_k хабање калупа за ковање

$\pm K_s$ промене димензија калупа због утицаја температура

N_n грешка која не зависи од недокованости и хабања

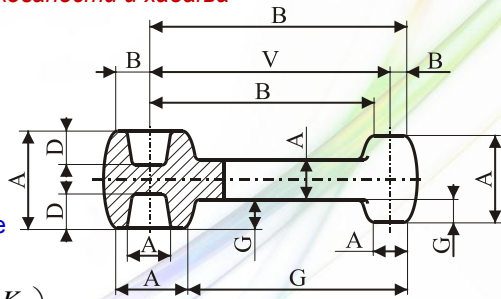
За мере које су паралелне правцу силе ковања као и за мере код којих се појављује двострано хабање калупа, толеранције износе:

За мере "A" (спољашње површине):

$$T_p = N_p + H_k + K_s$$

При томе је горње и доње одступање толеранције одређено изразима:

$$A_{g_p} = +\left(N_p + \frac{K_s}{2}\right) \quad A_{d_p} = -\left(H_k + \frac{K_s}{2}\right)$$



Прорачун толеранција израде **отковка** у калупу

За мере "A" и "D" (удубљења и унутрашње површине) толеранција ће бити:

$$T_p = N_p + H_k + K_s$$

Овде су одступања одређена изразима:

$$a_{g_p} = H_k + \frac{K_s}{2} \quad a_{d_p} = -\left(N_p + \frac{K_s}{2}\right)$$

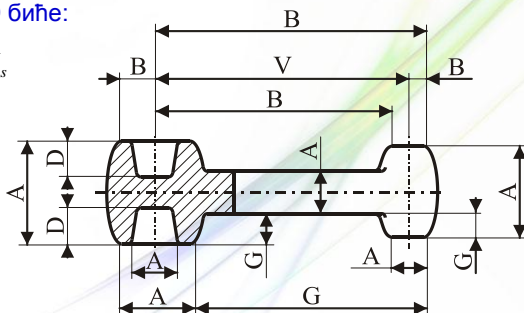
Код једноструког хабања за мере паралелне подеоној равни (мера B) биће:

$$T_p = \frac{N_p + H_k}{2} + K_s$$

а одступања су:

$$A_{g_p} = \frac{N_p + K_s}{2} \quad A_{d_p} = -\frac{H_k + K_s}{2}$$

$$a_{g_p} = \frac{H_k + K_s}{2} \quad a_{d_p} = -\frac{N_p + K_s}{2}$$



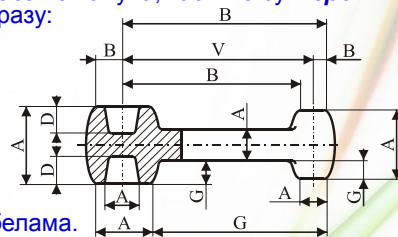
Прорачун толеранција израде **отковка** у калупу

За мере које не зависе од недокованости и хабања калупа, као што су **мере "V" и "G"**, толеранције се одређују према изразу:

$$T_p = N_n + K_s$$

а одступања су одређена изразима:

$$A_{g_p}, a_{d_p} = \pm \frac{N_n + K_s}{2}$$



Елементи толеранције отковака дати су у табелама.

Део толеранције који се односи на скупљање и ширења калупа одређује се на основу израза:

$$K_s = \pm \Delta k \cdot L$$

Најчешће је специфично издужење или скупљање $\Delta k = 1 \mu\text{m}/\text{mm}$, па је:

$$K_s = 2L$$

где је: L **мера отковка**

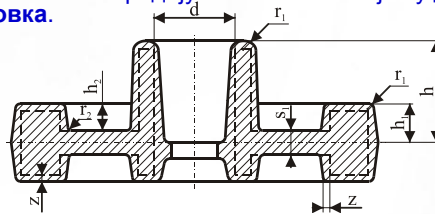
Препоручени додаци за обраду отковака:

Као и код других припремака, израчунати додаци за обраду за поједине захвате, односно, укупни додатак за обраду отковака треба упоредити са препорукама из литературе и проверити у производним условима.

Прецизирање цртежа отковка

На основу израчунатих, односно, усвојених укупних додатака за обраду за усвојену врсту отковка, уз препоруке из литературе дефинише се цртеж отковка.

Усвојеном врстом, обликом, димензијама, толеранцијама израде, као и вредностима ковачких нагиба и радијуса заобљења који су дати у табелама добија се **цртеж отковка**.



При усвајању радијуса заобљења треба извршити њихову проверу према изразу:

$$r_p \leq r_d + \delta_{\min} + A_{d_p} - A_{d_d}$$

где су:

r_p **радијус заобљења отковка**

r_d **радијус заобљења дела**

A_{d_p} **доње гранично одступање отковка**

A_{d_d} **доње гранично одступање дела**

δ_{\min} **минимални додатак за обраду.**