



Univerza v Ljubljani
Fakulteta za strojništvo



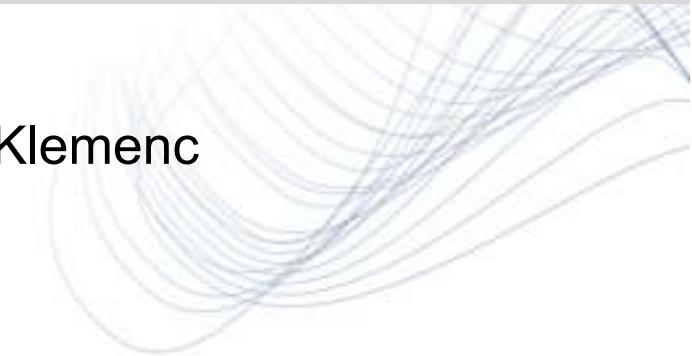
Katedra za strojne elemente
in razvojna vrednotenja



Funkcionalnost in tehnološčnost izdelkov

Functionality and Produceability of Products

Prof. dr. Jernej Klemenc





Funkcionalnost izdelka / *Product's functionality*

- Funkcionalnost izdelka predstavlja sposobnost izdelka, da v določenem časovnem trenutku opravlja želeno(e) funkcijo(e) v predpisanih tolerančnih območjih.
- Primeri funkcionalnosti izdelka:
 - Funkcija sesalca za prah je sesanje;
 - Funkcija črpalke je črpanje kapljevine;
 - Funkcija brisalcev stekla je čiščenje vetrobranskega stekla.
- *A product's functionality is the product's ability to perform its function in a defined time within the defined functionality tolerance range.*
- *Product's functionality examples:*
 - *Cleaning is a function of a vacuum cleaner;*
 - *Displacement of fluid is a function of a pump;*
 - *Cleaning a windscreen is a function of windscreen cleaners;*



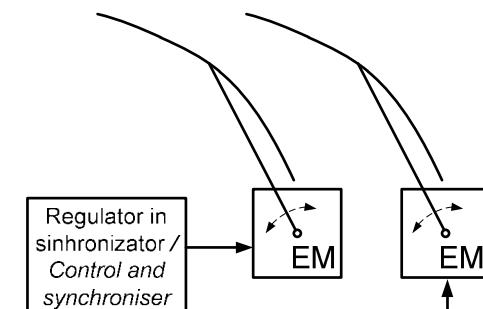
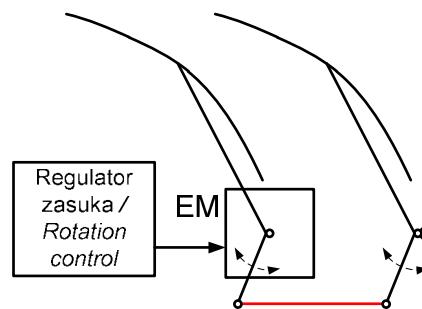
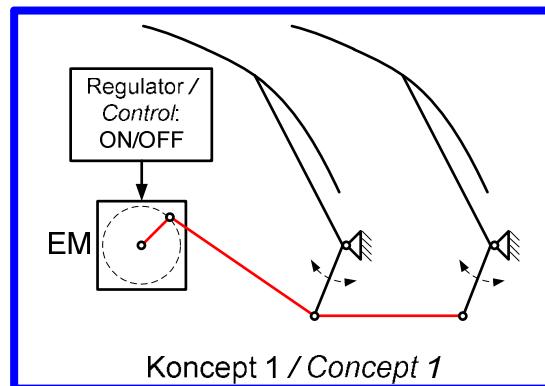
Funkcionalnost izdelka / *Product's functionality*

- Primeri funkcionalnosti izdelka:
 - Funkciji vetrobranskega stekla sta omogočanje pregleda nad dogajanjem v okolini vozila in preprečevanje neposrednega toka zraka mimo potnikov vozila;
 - Itn.
 - Vrednotenje funkcionalnosti izdelka je navadno eno izmed prvih vrednotenj, ki ga konstrukter izvede za določen izdelek.
- *Product's functionality examples:*
 - *Functions of the windscreen is enabling the driver to have a look over the vehicle's environment and deflecting the airflow around the passengers in the car;*
 - *etc.*
 - *Evaluation of functionality is one of the first product's evaluations that is made by the product designer.*



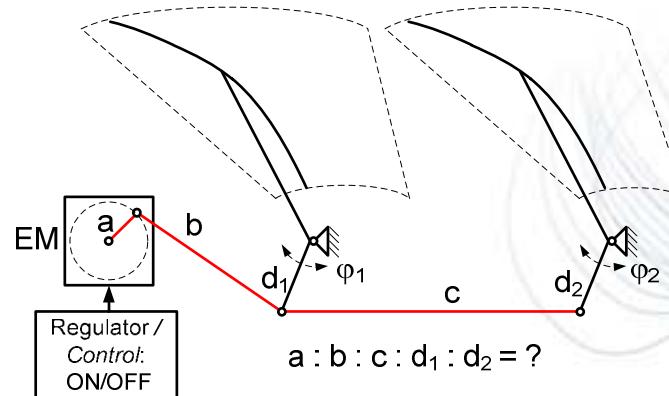
Primer funkcionalnosti izdelka / *Example of product's functionality*

- Možni koncepti pogona dvojnega brisalca vetrobranskega stekla:



- Izbiri koncepta sledi določitev grobe geometrije, ki izpolnjuje funkcijo:

- Possible concepts for a windscreen cleaner's drive:





Tehnologičnost izdelka / *Produceability of a product*

- Tehnologičnost na nivoju enostavnega izdelka:
 - Ali je izdelek mogoče izdelati z znanimi tehnologijami?
 - Katera tehnologija je najprimernejša s tehničnega stališča in proizvodnih stroškov?
 - Kakšne napake/ probleme s kakovostjo lahko pričakujemo pri uporabi predvidene proizvodne tehnologije?
 - Ali je mogoče/smiselno izdelek izdelati doma, ali ga je treba naročiti pri dobavitelju?
- *Produceability at the level of a simple product:*
 - *Is it possible to apply known production technologies?*
 - *Which technology is the most appropriate from the standpoint of engineering and cost?*
 - *What mistakes/ quality problems are expected when using the selected production technology?*
 - *Is the product manufactured in own production facilities or ordered from supplier?*



Tehnologičnost izdelka / *Produceability of a product*

- Tehnologičnost na nivoju sestava izdelkov:
 - Ali je sestav mogoče sestaviti?
 - Ali je sestav mogoče razstaviti?
 - Kakšni postopki so potrebni za sestavljanje/razstavljanje sestava?
 - Kakšna orodja so potrebna za sestavljanje in razstavljanje sestava?
 - Ali je mogoče sestav sestaviti na mestu uporabe?
 - Ali je sestav mogoče sestaviti na enoličen način (poka-yoke)?
- *Produceability at the level of assembly:*
 - *Can the product be assembled?*
 - *Can the product be disassembled?*
 - *What are the applied (dis)assembly procedures?*
 - *What tools are needed for the product (dis)assembly?*
 - *Can the product be assembled at the place of its operation?*
 - *Can the product be assembled in a unique manner (poka-yoke)?*



Tehnologičnost izdelka – ulitki / *Produceability – casted parts*

- Minimalne debeline sten:
 - Siva litina, nodularna litina, temprana litina: $t > 3$ mm (peščena forma).
 - Aluminijeve zlitine: $t > 3,5$ mm (peščena forma); $t > 3$ mm (litje v kokilo); $t > 0,8-3$ mm (tlačno litje).
- Dosegljiva natančnost:
 - Siva litina, nodularna litina, temprana litina: 1 mm (peščena forma).
 - Aluminijeve zlitine: 0,8 mm (peščena forma); 0,2-0,3 mm (litje v kokilo); 0,03-0,1 mm (tlačno litje).
- *Minimum wall widths:*
 - Casted iron (grey, nodular, tempered cast): $t > 3$ mm (sand die).
 - Alluminium alloys: $t > 3,5$ mm (sand die); $t > 3$ mm (steel die); $t > 0,8-3$ mm (pressure die casting).
- *Achievable accuracy:*
 - Grey, nodular and tempered cast: 1 mm (sand die).
 - Alluminium alloys: 0,8 mm (sand die); 0,2-0,3 mm (steel die); 0,03-0,1 mm (pressure die casting).



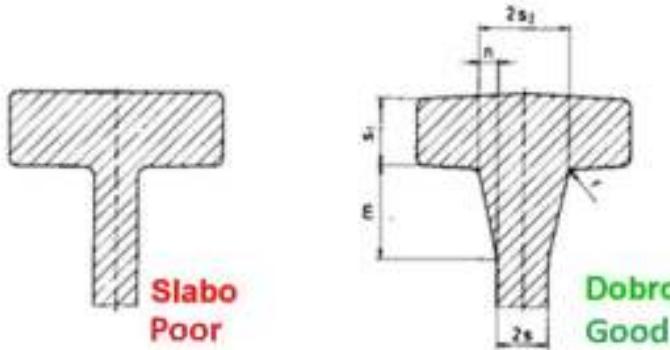
Tehnologičnost izdelka – ulitki / *Produceability – casted parts*

- Ekonomsko upravičeno minimalno število kosov:
 - Litje v kokilo: 200.
 - Tlačno litje: 500.
- Za brizganje polimerov veljajo podobne značilnosti oblike izdelkov kot za tlačno lite izdelke.
- Velikost serije pogojuje kompleksnost in zdržljivost orodja.
- Zaostale napetosti pogosto rezultirajo v izkriviljenem izdelku.
- *Minimum profitable number of parts:*
 - Steel die: 200.
 - Pressure die casting: 500.
- *For polymer moulding similar requirements n geometry are defined as for the pressure die-casted metalls.*
- *A range of a production series restrains a complexity and durability of the die.*
- *Residual stresses result in a warped product.*



Tehnologičnost izdelka – ulitki / *Produceability – casted parts*

- Upoštevanje livarskih naklonov zato, da je ulitek mogoče odstraniti iz forme:
- *Application of draft angles so that the product can be removed from the die:*



Steinhilper W., Sauer B.: Konstruktionselemente des Maschinenbaus. Berlin: Springer Verlag, 2005.

- Zaokrožitev vogalov, da ne pride do prevelike debeline stene zaradi nevarnosti pojava lunkerjev:
- *Application of edge fillets to reduce wall width and avoid an occurrence of porosity:*

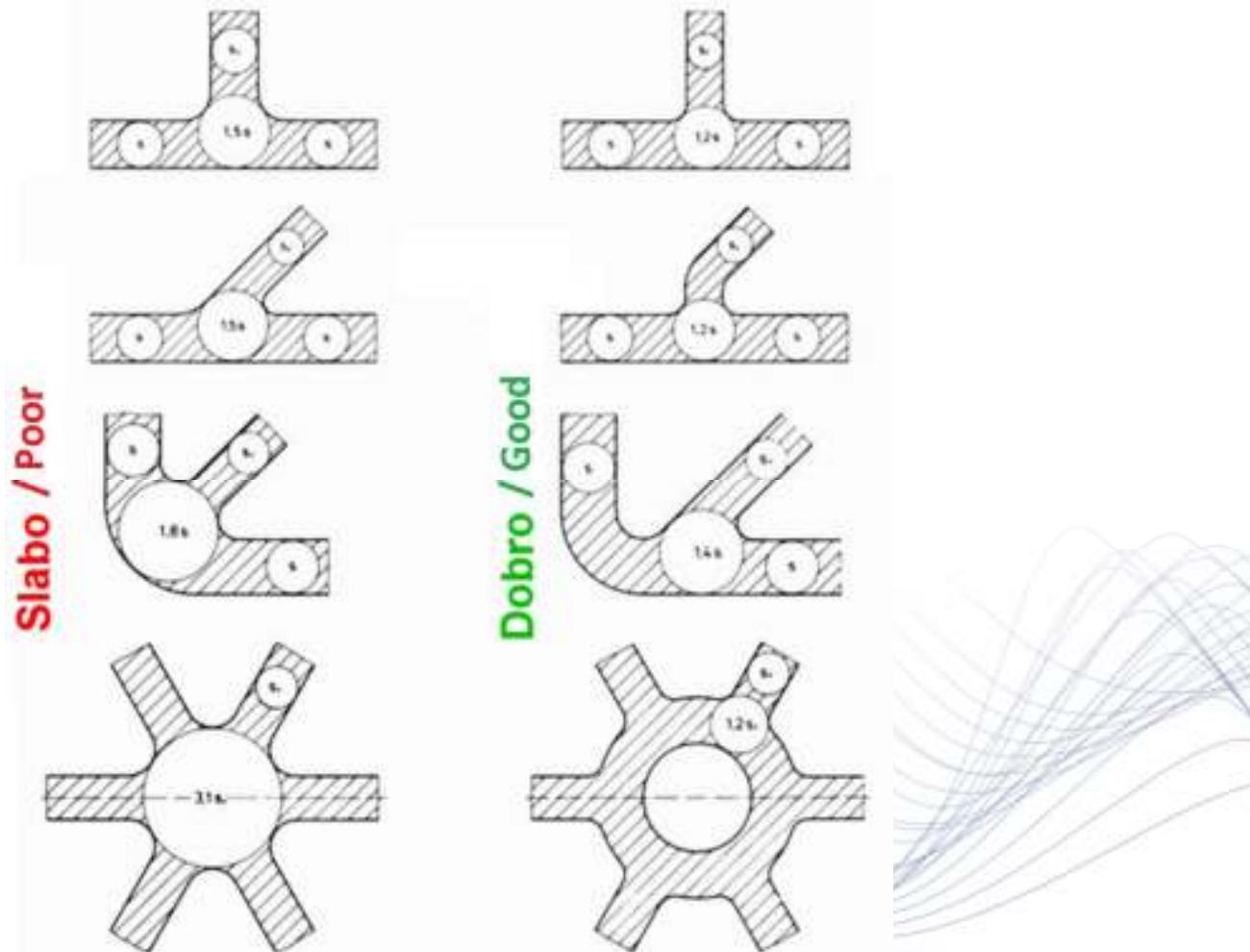


Steinhilper W., Sauer B.: Konstruktionselemente des Maschinenbaus. Berlin: Springer Verlag, 2005.



Tehnologičnost izdelka – ulitki / *Produceability – casted parts*

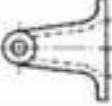
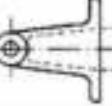
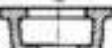
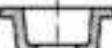
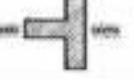
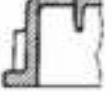
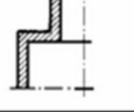
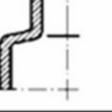
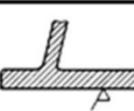
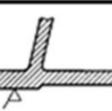
- Kontrola debeline stene na geometrijskih prehodih:
- *Determination of an equivalent wall width:*



Steinhilper W., Sauer B.: Konstruktionselemente des
Maschinenbaus. Berlin: Springer Verlag, 2005.



Tehnologičnost izdelka – ulitki / *Produceability – casted parts*

Slabo / Poor	Dobro / Good
	
	
	
	
	 4 Kernmarken
	
	
	

Pahl G., Beitz W., Feldhusen J., Grote K.H.:
Konstruktionlehre. Berlin: Springer Verlag, 2003.



www.stampal-SB.si



www.uniortools.com

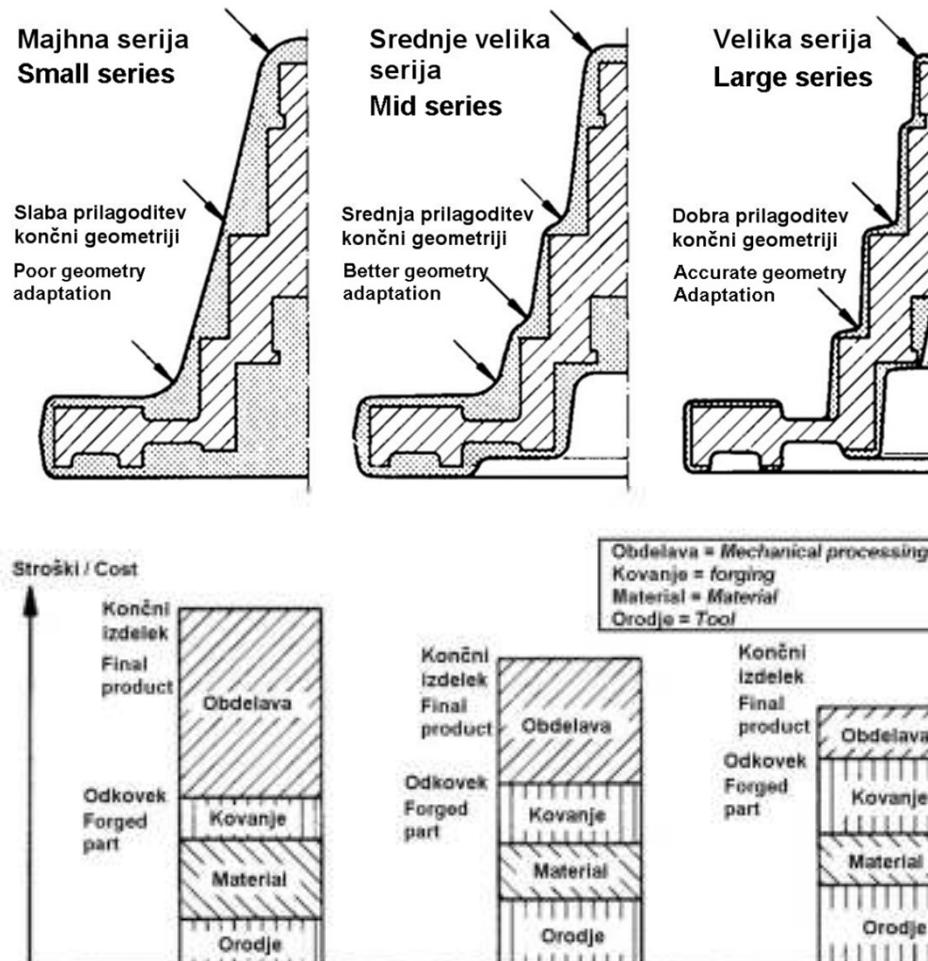
Tehnologičnost izdelka – odkovki / *Produceability – forged parts*

- Kovanje je možno v hladnem ali v toplem.
- Odkovki v principu nimajo lunkerjev.
- Dober izkoristek materiala.
- Izboljšanje materialnih lastnosti (npr. višanje zdržljivosti izdelkov v primeru utrujanja).
- Z dobro prilagoditvijo geometrije se zmanjšajo dodatni stroški za obdelavo.
- Pravila za oblikovanje so podobna kakor pri ulitkih.
- Za kovanje so ugodnejši bolj ploščati kot bolj masivni izdelki.
- *Variants: cold forging, hot forging.*
- *Forged parts are usually porosity free.*
- *Good material usage.*
- *Improvement of material characteristics (e.g. better fatigue life)*
- *With appropriate geometry of a part a cost od the additiona metal processing is reduced.*
- *Similar geometry requirements as for the casted parts.*
- *Flat products can be better forged than masive solid elemets.*



Tehnologičnost izdelka – odkovki / *Produceability – forged parts*

- Ekomska upravičenost kovanja zapletenih oblik:
- *Economy of forging complex geometries:*

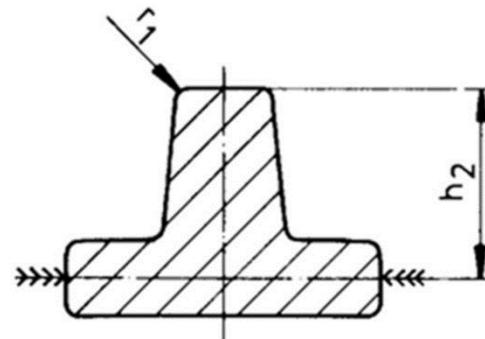


Steinhilper W., Sauer B.: Konstruktionselemente des Maschinenbaus. Berlin: Springer Verlag, 2005.

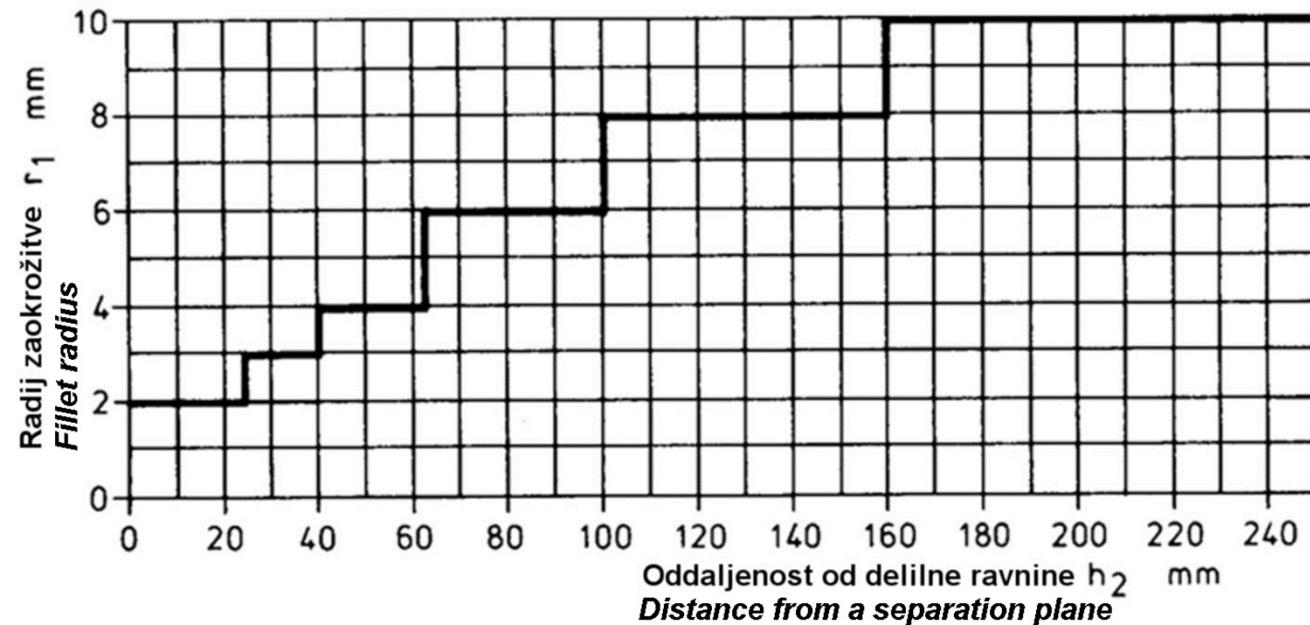


Tehnologičnost izdelka – odkovki / *Produceability – forged parts*

- Dosegljivi radiji zaokrožitve v odvisnosti od oddaljenosti od delilne ravnine orodja.
- *Minimum fillet as a function of a distance from a tool separation plane.*



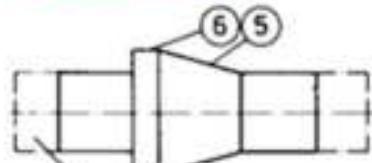
Steinhilper W., Sauer B.: Konstruktionselemente des Maschinenbaus. Berlin: Springer Verlag, 2005.





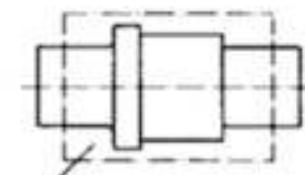
Tehnologičnost izdelka – odkovki / *Produceability – forged parts*

Slabo / Poor

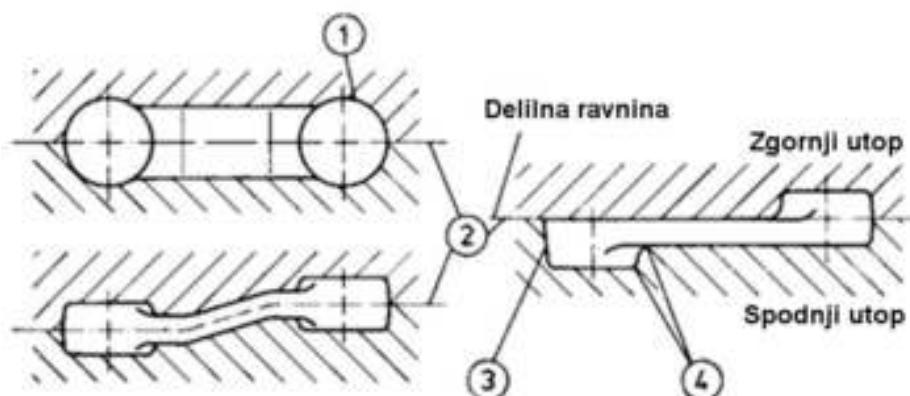
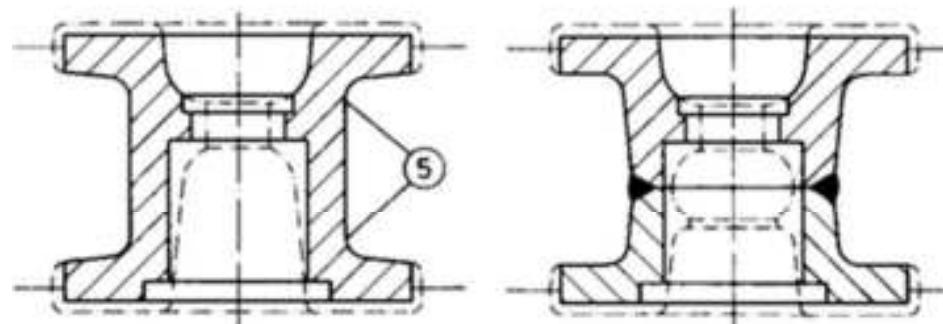


Izhodiščna geometrija

Dobro / Good



Izhodiščna geometrija



Steinhilper W., Sauer B.: Konstruktionselemente des
Maschinenbaus. Berlin: Springer Verlag, 2005.

Tehnologičnost izdelka – krivljena pločevina / *Produceability – formed sheet metal*



Slabo / Poor	Dobro / Good
 $s = t$ (s, R, Werkstoff)	 $R = t$ (s, Werkstoff) $h = t$ (s, R)
 s	 $x > r + 1.5 - s$
 s	
 s	
 s	

Pahl G., Beitz W., Feldhusen J., Grote K.H.:
Konstruktionlehre. Berlin: Springer Verlag, 2003.



Tehnologičnost izdelka – sintrani izdelki / *Produceability – sintered parts*

Slabo / Poor	Dobro / Good

Pahl G., Beitz W., Feldhusen J., Grote K.H.:
Konstruktionlehre. Berlin: Springer Verlag, 2003.