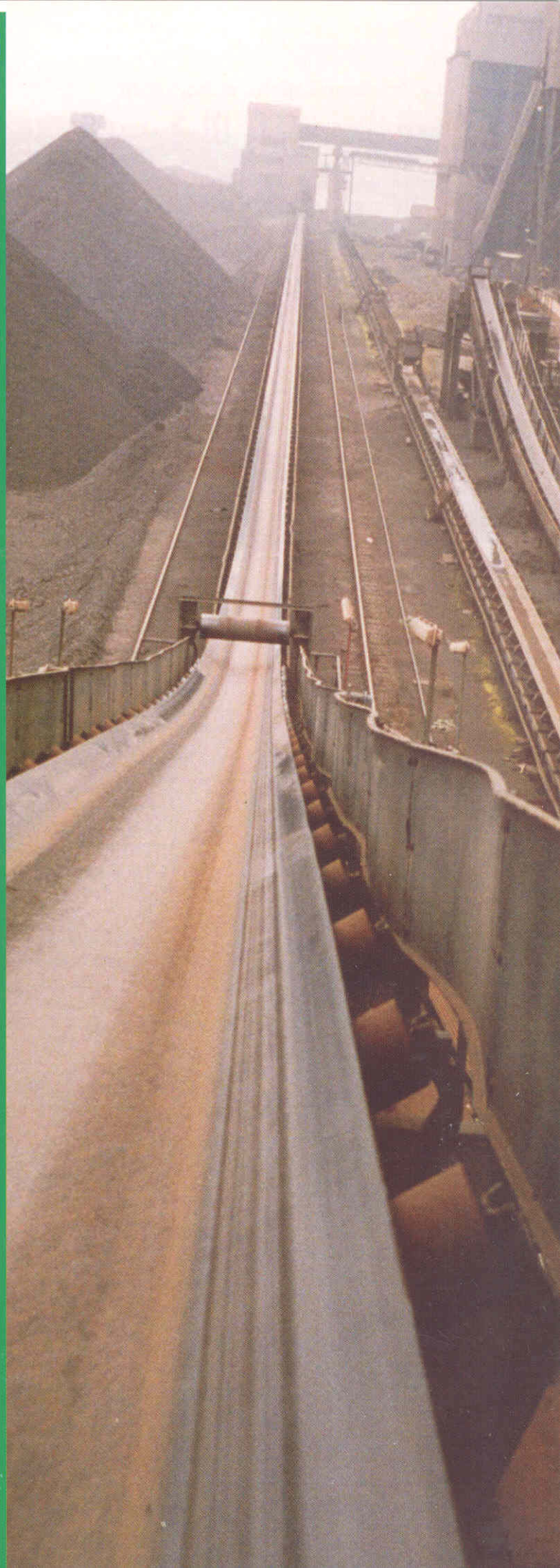


- 1.** Izbočitev krožnega kolobarja v elasto-plastičnem področju: elastičen linearno utrjevalni reološki model  
Buckling of a Circular Annular Plate in the Elastic-Plastic Region: an Elastic Linear Hardening Rheological Model
- 2.** Vloge orodjarn v dobavni verigi  
The Role of Toolmakers in the Supply Chain
- 3.** Analiza poškodb na površini orodja za tlačno litje nosilca iz aluminijeve zlitine AISi9Cu3  
Damage Analysis on the Surface of Die Casting Die of Girder Made by Aluminium Alloy of AISi9Cu3



## Vsebina

### Contents

Strojniški vestnik - Journal of Mechanical Engineering  
letnik - volume 47, (2001), številka - number 9

#### Razprave

- Bremec, B., Kosel, F.: Izbočitev krožnega kolobarja  
v elasto-plastičnem področju: elastičen  
linearno utrjevalni reološki model 554
- Fulder, T., Polajnar, A., Pandža, K.: Vloge orodjarn  
v dobavni verigi 566
- Kosec, B., Kosec, L., Kopač, J., Škrinjar, A.: Analiza  
poškodb na površini orodja za tlačno litje  
nosilca iz aluminijeve zlitine AlSi9Cu3 575

#### Poročila

579

#### Strokovna literatura

583

#### Osebne vesti

587

#### Navodila avtorjem

589

#### Papers

- Bremec, B., Kosel, F.: Buckling of a Circular Annu-  
lar Plate in the Elastic-Plastic Region: an Elas-  
tic Linear Hardening Rheological Model
- Fulder, T., Polajnar, A., Pandža, K.: The Role of Tool-  
makers in the Supply Chain
- Kosec, B., Kosec, L., Kopač, J., Škrinjar, A.: Damage  
Analysis on the Surface of Die Casting Die of  
Girder Made by Aluminium Alloy of AlSi9Cu3

#### Reports

#### Professional Literature

#### Personal Events

#### Instructions for Authors

# Izbočitev krožnega kolobarja v elasto-plastičnem področju: elastičen linearno utrjevalni reološki model

## Buckling of a Circular Annular Plate in the Elastic-Plastic Region: an Elastic Linear Hardening Rheological Model

Boštjan Bremec - Franc Kosel

V prispevku obravnavamo stabilnostni problem krožne plošče - kolobarja, pri čemer se nestabilno stanje in potek izbočitve pojavi v trenutku, ko je napetostno stanje v najbolj obremenjenih točkah plošče že v elasto-plastičnem področju. Obravnavani so primeri, pri katerih so obremenitev, napetostno stanje ter način podprtja plošče osnosimetrični. Zunanji in notranji rob kolobarja sta lahko poljubno podprta (togo ali členkasto) ali prosto ter obremenjeno z nespremenljivima zveznima obremenitvama  $p_n$  in  $p_z$  v poljubnem medsebojnem razmerju. Z uporabo ravnotežne metode so izračunane kritične obremenitve za različna razmerja notranjega in zunanjega polmera  $a/b$ . Pri tem je upoštevano, da se plošča lahko izboči osnosimetrično (kupolasto  $m=0$ ) ali pa osnonesimetrično z  $m>0$  valovi v obodni smeri. V rezultatih je prikazan vpliv stopnje utrjevanja materiala  $f$  na kritično zunanjo obremenitev. Podana je primerjava med rezultati, dobljenimi na podlagi upoštevanja končnih ter diferencialnih napetostno-deformacijskih zvez.

© 2001 Strojniški vestnik. Vse pravice pridržane.

**(Ključne besede: kolobarji krožni, procesi izbočitve, področja elasto-plastična, modeli reološki)**

This paper treats the buckling problem of a circular annular plate where the unstable state and the buckling process occur when the stress state at the most loaded points of the plate is already in the elastic-plastic region. We analysed the cases with axisymmetric loads, the stress state and the supports of the plate. The outer and inner edges of the annulus were supported (clamped or simply supported) or free, and loaded with constant pressures  $p_n$  and  $p_z$  in an arbitrary ratio. With the use of the equilibrium method the buckling loads were calculated for different ratios of the inner and outer radii  $a/b$ . It is supposed that the plate buckles axisymmetrically (spherically  $m=0$ ) or non-axisymmetrically with  $m>0$  waves in the circumferential direction. The results show the influence of the material-hardening coefficient  $f$  on the buckling load. A comparison between calculations with a consideration of finite and incremental stress-strain relations is given.

© 2001 Journal of Mechanical Engineering. All rights reserved.

**(Keywords: circular annular plates, buckling processes, elastic-plastic regions, rheological models)**

### 0 UVOD

Vse teorije, ki obravnavajo začetno stabilnost plošč v elastičnem in elasto-plastičnem področju zahtevajo, da določimo napetostno stanje v trenutku tik preden plošča preide v nestabilno stanje in se lahko pojavi potek izbočenja. Izbočitev v elasto-plastičnem področju se pojavi pri ploščah, ki so primerno toge, tako da je napetostno stanje v trenutku izbočitve že v elasto-plastičnem področju. Zaradi soodvisnosti kritične obremenitve od funkcije napetosti je, v takšnih primerih zaradi zahtevnosti problema, primerno uporabiti iterativni postopek reševanja. Nasprotno je pri obravnavanju stabilnosti v elastičnem področju zveza med napetostnim stanjem in obremenitvijo plošče linearna, zato je določanje kritične obremenitve preprostejše in hitrejše ([1] do [5]).

### 0 INTRODUCTION

All theories dealing with the initial stability of plates in the elastic and in the elastic-plastic regions demand knowledge of the stress state at the moment before the plate goes into an unstable state and starts to buckle. The problem of buckling in the elastic-plastic region arises with plates that are sufficiently stiff for the stress state at the moment of buckling to already be in the elastic-plastic region. Because of the complexity of this problem, which is caused by the interdependence of the buckling load and the stress function in such cases, an iterative procedure needs to be adopted. In contrast, when dealing with the buckling of plates in the elastic region the relationship between the stress function and the load on the plate is linear, and this makes the calculation of the buckling load easier and quicker, [1] to [5].

## 1 STABILNOST PLOŠČ V ELASTO-PLASTIČNEM PODROČJU

Pri obravnavanju problema bomo upoštevali naslednje predpostavke:

- material je homogen in izotropen tako v elastičnem kakor tudi v plastičnem področju,
- pred pojavom nestabilnosti je v plošči ravninsko napetostno stanje,
- velja Kirchofova upogibna teorija,
- kritično obremenitev določimo s Shanleyevo hipotezo [6], ki predpostavlja, da je v začetni fazi izbočitve celoten prečni prerez plošče v plastičnem območju,
- celotne deformacije so sestavljene iz elastičnih in plastičnih, ki so istega velikostnega razreda, sprememba prostornine v plastičnem območju je posledica le elastičnega dela deformacij, velja Misesov pogoj tečenja,
- upoštevamo teorijo drugega reda po Chwalli.

Vzemimo, da poznamo pred izgubo stabilnosti v poljubni točki plošče ravninsko napetostno stanje  $\sigma_{ij}$  ter temu ustrezno deformacijsko stanje  $\varepsilon_{ij}$ , kjer sta  $\sigma_{ij}$  in  $\varepsilon_{ij}$  kartezična tenzorja. Diferencialno enačbo za določitev nestabilnega stanja določimo po teoriji drugega reda z momentnim ravnotežnim stanjem na plošči z elementarno deformacijo. Pri prehodu iz osnovnega v novo ravnotežno stanje dobijo prvotne deformacije  $\varepsilon_{ij}$  v novi legi neskončno majhne prirastke  $\delta\varepsilon_{ij}$ , ki jih, upoštevajoč Kirchofovo upogibno teorijo, zapišemo v naslednji obliki:

$$\delta\varepsilon_{ij} = E_{ij} - zw_{,ij} \quad (1)$$

Pri tem smo z  $w$  označili elementarno majhen premik osrednje ravnine plošče iz prvotne lege,  $z$  pomeni oddaljenost od osrednje ravnine plošče,  $E_{ij}$  pa so neskončno majhni prirastki tenzorja deformacij osrednje ravnine plošče. Prirastkom tenzorja deformacij  $\delta\varepsilon_{ij}$  ustrezajo prirastki tenzorja napetostnega stanja  $\delta\sigma_{ij}$ . Medsebojno odvisnost pomenijo napetostno-deformacijske zveze, ki jih splošno lahko zapišemo:

$$\delta\varepsilon_{ij} = b_{ijmn} \delta\sigma_{mn} \quad (2)$$

kjer je  $b_{ijmn}$  tenzor mehanskih lastnosti materiala. Z obrnitvijo enačbe (2) izrazimo prirastke tenzorja napetostnega stanja  $\delta\sigma_{ij}$  s prirastki tenzorja deformacij  $\delta\varepsilon_{ij}$ :

$$\delta\sigma_{ij} = \bar{a}_{ijmn} \delta\varepsilon_{mn} \quad (3)$$

Prirastke tenzorja napetosti  $\delta\sigma_{ij}$  izrazimo z ukrivljenostmi  $w_{,ij}$ . Glede na Shanleyevo hipotezo [6], ki predpostavi, da je v začetni fazi izbočitve celoten prečni prerez plošče v plastičnem področju in tako ne upošteva učinkov razbremenitve, veljajo

## 1 THE BUCKLING OF PLATES IN THE ELASTIC-PLASTIC REGION

The following assumptions will be made:

- the material is homogeneous and isotropic in the elastic and plastic region;
- before the buckling process the plate is in a plane stress state;
- Kirchof's bending theory is accepted;
- the buckling load is determined using Shanley's hypothesis [6], which supposes that at the onset of buckling the whole cross-section of the plate is in the plastic region;
- the total strain is made up of the elastic and plastic strains of the same magnitude;
- the change of volume in the plastic region is only caused by the elastic part of the deformations, the Mises's yield criterion is used,
- Chwalla's second-order theory is adopted.

Let us suppose that the stress state  $\sigma_{ij}$  and the resulting strain state  $\varepsilon_{ij}$  are known at the onset of buckling, where  $\sigma_{ij}$  and  $\varepsilon_{ij}$  are Cartesian tensors. The differential equation, from which the unstable state of the plate is obtained, is determined on the basis of the second-order theory with a moment equilibrium state on a plate with an elementary displacement. When the plate passes from the basic into the new equilibrium state the primary strains  $\varepsilon_{ij}$  acquire infinitesimal increments  $\delta\varepsilon_{ij}$  in the new position, which can be expressed using Kirchof's bending theory in the following form:

Where  $w$  denotes the elementary small displacement of the middle plane of the plate from the basic position,  $z$  denotes the distance from the middle plane and  $E_{ij}$  are the infinitesimal increments of the strain tensor of the middle plane of the plate. The stress-tensor increments  $\delta\sigma_{ij}$  correspond to the strain-tensor increments  $\delta\varepsilon_{ij}$ . These are related by the stress-strain relations, which can in general be written as:

where  $b_{ijmn}$  is the tensor of the mechanical properties of the material. By inverting equation (2) the stress-tensor increments  $\delta\sigma_{ij}$  are expressed with strain-tensor increments  $\delta\varepsilon_{ij}$ :

The stress-tensor increments  $\delta\sigma_{ij}$  are expressed with curvatures  $w_{,ij}$ . According to Shanley's hypothesis [6], which supposes that in the initial phase of buckling the whole cross-section of the plate is in the plastic region and does not consider the effects of unloading, the

enačbe za prirastke napetosti po celotni debelini plošče. Z integracijo prirastkov tenzorja napetosti  $\delta\sigma_{ij}$  po debelini plošče dobimo prirastke enotskih momentov  $\delta m_{ij}$ . Novo stanje na deformirani plošči je ravnotežno, izpolnjena mora biti momentna ravnotežna enačba sil v smeri pravokotno na osrednji ravnino plošče:

$$\delta m_{ij,ij} + h\sigma_{ij}w_{,ij} = 0 \quad (4).$$

Diferencialno enačbo, ki je namenjena za določanje kritične obremenitve plošče, dobimo tako, da v enačbo (4) vstavimo izraze za prirastke enotskih momentov:

$$-\left(Da_{ijmn}w_{,mn}\right)_{,ij} + p\left(h\frac{\sigma_{ij}}{p}w_{,ij}\right) = 0 \quad (5).$$

Pri tem smo v enačbi (5) z  $D$  označili upogibno togost plošče, s  $p$  pa zunanjo obremenitev plošče. Enačba je homogena linearna parcialna diferencialna enačba četrtega reda s spremenljivimi koeficienti. V splošnem so upogibna togost  $D$  in elementi tenzorja mehanskih lastnosti materiala  $a_{ijmn}$  funkcije kraja. Rešitev mora upoštevati robne pogoje podprtja plošče. Ti se nanašajo na pomik roba  $w$ , prirastek enotskega upogibnega momenta  $\delta m_n$  in reducirane prečne sile  $\delta q_n$ , kjer  $n$  pomeni normalo na rob plošče. Ker so tudi robni pogoji homogeni, nas reševanje problema vodi k določanju lastnih vrednosti homogene diferencialne enačbe (5), katere reševanje v sklenjeni obliki je verjetno v splošnem skoraj nemogoče. V našem primeru uporabimo za reševanje metodo končnih razlik, ki je opisana v nadaljevanju.

## 2 DOLOČANJE ELEMENTOV TENZORJA MEHANSKIH LASTNOSTI MATERIALA $a_{ijmn}$

Elemente tenzorja mehanskih lastnosti materiala  $a_{ijmn}$  določimo na dva načina, in sicer po teoriji končnih napetostno deformacijskih zvez na podlagi Henckyevih enačb ali pa po teoriji diferencialnih napetostno deformacijskih zvez na podlagi Reuss-Prandtlovih enačb. Modula  $E_t^0$  (6) in  $E_s^0$  (7) sta določena po enoosnem nateznem preskusu, kjer sta  $\sigma$  natezna ali tlačna napetost,  $\varepsilon$  pa ustrezna deformacija v vzdolžni smeri:

- tangentni modul

$$E_t^0 = \frac{d\sigma}{d\varepsilon} \quad (6)$$

- sekantni modul

$$E_s^0 = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (7).$$

V primeru ravninskega napetostnega stanja je zveza med enoosnim preskusom in ravninskim

equations are valid for the whole plate thickness. By integration of the stress-tensor increments  $\delta\sigma_{ij}$  through the plate thickness the increments of the unit moments  $\delta m_{ij}$  are obtained. The new state on the deformed plate is an equilibrium state, the moment equilibrium equation of forces in the direction perpendicular to the middle plane of the plate must be fulfilled:

The governing differential equation, which is used to calculate the buckling load, is obtained by substituting the unit moments in equation (4):

In equation (5)  $D$  denotes the flexural rigidity of the plate and  $p$  denotes the outer load of the plate. Equation (5) is a homogeneous linear partial differential equation of the fourth order with variable coefficients. In general, the flexural rigidity  $D$  and the coefficients  $a_{ijmn}$  are functions of position. The solution of the differential equation must consider the boundary conditions of the supports of the plate. These are related to the displacement of the edge  $w$ , the increment of the unit bending moment  $\delta m_n$  and the reduced unit shear force  $\delta q_n$ , where  $n$  denotes the direction normal to the edge of the plate. Because the boundary conditions are homogeneous, the solution of the problem leads to the determination of the eigenvalues of a homogeneous differential equation (5), which probably cannot be solved analytically for a general case. For this reason a numerical finite-difference method, described below, was used in our study.

## 2 DETERMINATION OF THE TENSOR OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF THE MATERIAL $a_{ijmn}$

The elements of the tensor of the mechanical properties of the material  $a_{ijmn}$  are determined in two ways: using the theory of finite stress-strain relations based on Hencky's equations or using the theory of differential stress-strain relations based on the Reuss-Prandtl equations. The modulus  $E_t^0$  (6) and  $E_s^0$  (7) are defined on the basis of a uniaxial tensile test, where  $\sigma$  is the tensile or compressive stress and  $\varepsilon$  is the resulting strain in the longitudinal direction:

- tangent modulus

In the case of a plane stress state the relation between the uniaxial test and the plane stress state is

napetostnim stanjem podana prek dejanske napetosti  $\sigma_e$  in dejanske specifične deformacije  $\varepsilon_e$ . Sekantni modul  $E_s$  definiramo kot razmerje med dejansko napetostjo  $\sigma_e$  in dejansko deformacijo  $\varepsilon_e$ , tangentni modul  $E_t$  pa kot razmerje prirastkov istih količin.

$$E_s = \frac{\sigma_e}{\varepsilon_e} \quad (8),$$

$$E_t = \frac{d\sigma_e}{d\varepsilon_e} \quad (9).$$

Pri tem razlikujemo med sekantnim modulom  $E_s^0$  (7) ter modulom  $E_s$  (8). Medsebojno zvezo, dobljeno z analizo enoosnega napetostnega stanja, podaja enačba (10). Zveza med tangentnim  $E_t^0$  (6) in modulom  $E_t$  (9) je enaka enačbi (10):

$$\frac{1}{E_s} = \frac{1}{E_s^0} - \frac{1-2\nu}{3E} \quad (10).$$

### Teorija končnih napetostno-deformacijskih zvez

Elemente tenzorja mehanskih lastnosti materiala  $b_{ijmn}$  v enačbi (2) določimo z variiranjem napetostno-deformacijskih zvez, pri čemer dobimo:

$$b_{ijmn} = \frac{\partial \varepsilon_{ij}}{\partial \sigma_{mn}} = \left( \frac{1+\nu}{E} + \frac{3}{2E_p} \right) \delta_{im} \delta_{jn} + \left( -\frac{\nu}{E} - \frac{1}{2E_p} \right) \delta_{ij} \delta_{mn} + \frac{1}{\sigma_e^2} \left( \frac{1}{E_t} - \frac{1}{E_s} \right) \left( \frac{3}{2} \sigma_{ij} - \frac{1}{2} \delta_{ij} \sigma_{kk} \right) \left( \frac{3}{2} \sigma_{mn} - \frac{1}{2} \delta_{mn} \sigma_{kk} \right) \quad (11).$$

### Teorija diferencialnih napetostno-deformacijskih zvez

Elementi tenzorja mehanskih lastnosti materiala  $b_{ijmn}$  za diferencialne napetostno-deformacijske zveze so:

$$b_{ijmn} = \frac{\delta \varepsilon_{ij}}{\delta \sigma_{mn}} = \frac{1+\nu}{E} \delta_{im} \delta_{jn} - \frac{\nu}{E} \delta_{ij} \delta_{mn} + \frac{3}{2\sigma_e^2} \left( \frac{1}{E_t} - \frac{1}{E} \right) \left( \sigma_{ij} - \frac{1}{3} \delta_{ij} \sigma_{kk} \right) \left( \frac{3}{2} \sigma_{mn} - \frac{1}{2} \delta_{mn} \sigma_{kk} \right) \quad (12).$$

## 3 IZRAČUN NAPETOSTNEGA STANJA

Napetostno stanje je opredeljeno s krožno ploščo nespremenljive debeline, ki je na zunanem in notranjem polmeru obremenjena z enakomerno zvezno obremenitvijo  $p_z$  in  $p_n$  (sl.1). Obremenitvi sta določeni z osnovno obremenitvijo  $p$  ter koeficientoma  $\alpha$  in  $\beta$ :

$$p_n = p \cdot \alpha \quad (13),$$

$$p_z = p \cdot \beta \quad (14).$$

Problem rešujemo v polarnem koordinatnem sistemu  $(r; \varphi)$ . Zaradi obremenitve je napetostno stanje v plošči ravninsko osnosimetrično ( $\sigma_{r\varphi} = 0$ ), kar precej poenostavi nalogo. Uporabimo numerično metodo reševanja [7], ki je zasnovana na izračunu napetostnega stanja s diferenčno metodo ter na metodi reševanja z zaporednimi približki rešitev.

given by means of the effective stress  $\sigma_e$  and the effective strain  $\varepsilon_e$ . The secant modulus  $E_s$  is defined as the ratio between the effective stress  $\sigma_e$  and the effective strain  $\varepsilon_e$ , where the tangent modulus  $E_t$  is the ratio of the increments of the same quantities.

It is necessary to distinguish between the secant modulus  $E_s^0$  (7) and the modulus  $E_s$  (8). The relationship, obtained by the analysis of the uniaxial stress state, is given by equation (10). The relationship between the tangent  $E_t^0$  (6) and  $E_t$  (9) is similar to equation (10):

### The theory of finite stress-strain relations

The elements of the tensor  $b_{ijmn}$  in equation (2) are determined by the variation in the stress-strain relations where we obtain:

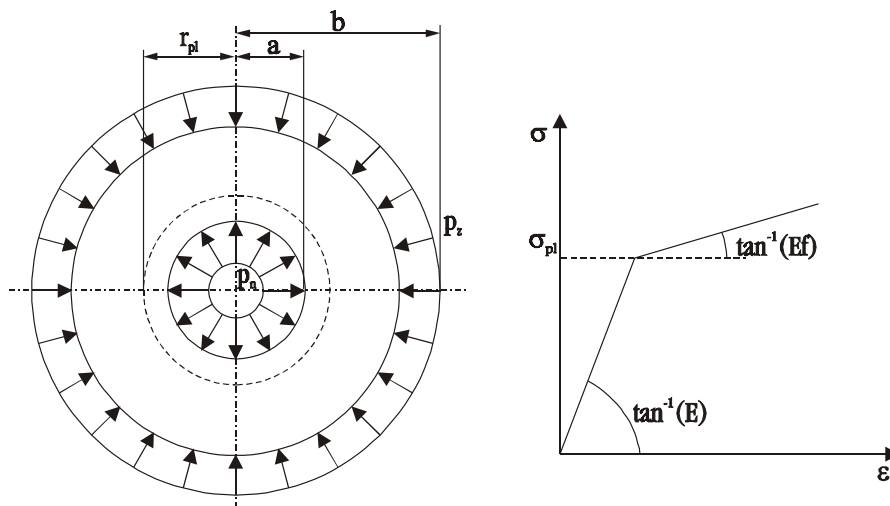
### The theory of differential stress-strain relations

The elements of the tensor of the mechanical properties of the material  $b_{ijmn}$  for differential stress-strain relations are:

## 3 CALCULATION OF THE STRESS STATE

The case of a circular annular plate of constant thickness loaded with constant pressure on the inner radius  $p_n$  and the outer radius  $p_z$  is studied (Fig.1). The load cases of the plate are defined in terms of the basic load  $p$  and the coefficients  $\alpha$  and  $\beta$  in the following way:

The problem is solved in the polar coordinate system  $(r; \varphi)$ . Because of the specific loading the stress state is plane axisymmetric ( $\sigma_{r\varphi} = 0$ ), which makes the task easier. A numerical approach is used [7], which is based on the calculation of the stress state with the finite-difference method and on the method of successive approximations.



Sl. 1. Obremenitev plošče – kolobarja ter reološki model snovi  
 Fig. 1. Plate loading and the stress-strain curve of the material

4 IZRACUN KRITICNE OBREMNITVE PLOŠČE

4 CALCULATION OF THE BUCKLING LOAD

Zaradi osnosimetrične geometrijske oblike in obremenitve plošče problem obravnavamo v polarnem koordinatnem sistemu. Pri tem je treba pri zapisu diferencialne enačbe (5) upoštevati spremembo diferencialnih operatorjev iz kartezičnega v polarni koordinatni sistem. Pri tem upoštevamo simetrijo napetostnega tenzorja  $\sigma_{ij} = \sigma_{ji}$ , iz katere izhajajo  $a_{rrr\varphi} = a_{rr\varphi r}$ ,  $a_{r\varphi r\varphi} = a_{r\varphi\varphi r}$  in  $a_{\varphi\varphi r\varphi} = a_{\varphi\varphi\varphi r}$ . Diferencialna enačba za ploščo nespremenljive debeline (5) ima v polarnem koordinatnem sistemu naslednjo obliko:

Because of the axisymmetric geometry and the loading of the plate, the problem is solved in the polar coordinate system. For this reason the transformation of the differential operators from the Cartesian to the polar coordinate system must be considered in the notation of equation (5). The symmetry of the stress tensor  $\sigma_{ij} = \sigma_{ji}$ , from which follows  $a_{rrr\varphi} = a_{rr\varphi r}$ ,  $a_{r\varphi r\varphi} = a_{r\varphi\varphi r}$  and  $a_{\varphi\varphi r\varphi} = a_{\varphi\varphi\varphi r}$ , is considered. The differential equation for a plate of constant thickness (5) written in the polar coordinate system has the following form:

$$\begin{aligned}
 & -\left(\frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial}{\partial r}\right) \left[ a_{rrrr} \cdot w_{,rr} + 2 \cdot a_{rrr\varphi} \cdot \left(\frac{1}{r} w_{,r\varphi} - \frac{1}{r^2} w_{,r} \right) + a_{rr\varphi\varphi} \cdot \left(\frac{1}{r} w_{,\varphi} + \frac{1}{r^2} w_{,\varphi\varphi}\right) \right] - \\
 & -2 \left(\frac{1}{r} \frac{\partial^2}{\partial r \partial \varphi} - \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r}\right) \left[ a_{r\varphi rr} \cdot w_{,rr} + 2 \cdot a_{r\varphi r\varphi} \cdot \left(\frac{1}{r} w_{,r\varphi} - \frac{1}{r^2} w_{,r} \right) + a_{r\varphi\varphi\varphi} \cdot \left(\frac{1}{r} w_{,\varphi} + \frac{1}{r^2} w_{,\varphi\varphi}\right) \right] - \\
 & -\left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} - \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2}\right) \left[ a_{\varphi\varphi rr} \cdot w_{,rr} + 2 \cdot a_{\varphi\varphi r\varphi} \cdot \left(\frac{1}{r} w_{,r\varphi} - \frac{1}{r^2} w_{,r} \right) + a_{\varphi\varphi\varphi\varphi} \cdot \left(\frac{1}{r} w_{,\varphi} + \frac{1}{r^2} w_{,\varphi\varphi}\right) \right] + \\
 & + \frac{p \cdot h}{D} \cdot \left( \frac{\sigma_{rr}}{p} \cdot w_{,rr} + \frac{2\sigma_{r\varphi}}{p} \cdot \left(\frac{1}{r} w_{,r\varphi} - \frac{1}{r^2} w_{,r} \right) + \frac{\sigma_{\varphi\varphi}}{p} \cdot \left(\frac{1}{r} w_{,\varphi} + \frac{1}{r^2} w_{,\varphi\varphi}\right) \right) = 0
 \end{aligned}
 \tag{15}$$

Zaradi simetrije problema in ob upoštevanju predpostavke, da se plošča lahko izboči osnosimetrično  $m=0$ , ter osnesimetrično z  $m>0$  valovi v obodni smeri, lahko problem prevedemo iz dvodimenzionalnega  $(r, \varphi)$  na enodimenzionalni  $(r)$  z uporabo ustrezne funkcije za upogib plošče  $w$  [9]:

Because the problem is symmetric and the plate buckles in an axisymmetric  $m=0$  and non-axisymmetric mode with  $m>0$  waves in the circumferential direction, a two-dimensional problem  $(r, \varphi)$  can be transformed to one-dimensional problem  $(r)$  by using an appropriate function for the displacements  $w$  [9]:

$$w(r, \varphi) = f(r) \cdot \cos(m \cdot \varphi) \tag{16}$$

kjer je  $m$  število valov v obodni smeri. Z nastavkom (16) preide homogena parcialna diferencialna enačba (15) v navadno homogeno diferencialno enačbo četrtega reda ene neodvisne spremenljivke:

where  $m$  is the number of waves in the circumferential direction. With function (16) the homogeneous partial differential equation (15) becomes a normal fourth-order homogeneous differential equation of a single independent variable:

$$\sum_{n=0}^{n=4} A_n(r, m) \cdot \frac{d^n f}{dr^n} + p \cdot \sum_{n=0}^{n=3} B_n(r, m) \cdot \frac{d^n f}{dr^n} = 0 \quad (17).$$

Pri tem so v enačbi (17)  $A_n(r, m)$  in  $B_n(r, m, p)$  pripadajoči koeficienti, ki so funkcije polmera  $r$  in izbranega števila valov  $m$ , v elasto-plastičnem področju pa tudi od obremenitve plošče  $p$ . Tudi tukaj uporabimo za reševanje enačbe (17) metodo končnih razlik. Tako dobimo z upoštevanjem robnih pogojev sistem enačb, ki ga lahko zapišemo v matrični obliki:

$$([A(m)] + p \cdot [B(m, p)]) \cdot \{f\} = 0 \quad (18).$$

Pri tem sta  $[A(m)]$  in  $[B(m, p)]$  pripadajoči matriki koeficientov ob vektorju neznanek  $\{f\}^T = \{f_1, f_2, \dots, f_{N+1}\}$ . Pogoj za netrivialno rešitev homogenega sistema linearnih enačb (18) vodi v določanje lastnih vrednosti sistema enačb. V splošnem ima tak sistem  $p_n(m)$  lastnih vrednosti, kjer je  $n=1, \dots, N+1$ . Kritično obremenitev, kjer se pojavi labilno stanje, pomeni najmanjša realna lastna vrednost:

$$p_{cr}(m) = \min \{p_n(m), n=1, \dots, N+1\} \quad (19),$$

$$p_{cr} = \min \{p_{cr}(m), m=1, 2, \dots\} \quad (20).$$

Izračunani  $p_{cr}(m)$  (19) pomeni kritično obremenitev za dani obremenitveni primer pri številu valov  $m$ . Določiti je treba število valov  $m$ , pri katerem je kritična obremenitev najmanjša. Na ta način določimo obliko, v katero se plošča izboči.

V primeru, ko je napetostno stanje v elastičnem področju, je razmerje  $\sigma_{ij}/p$  za celotno območje nespremenljivo, v elasto-plastičnem področju pa zaradi nelinearnosti mehanskih lastnosti materiala to ne velja več. Zaradi tega so koeficienti matrike  $[B(m, p)]$  (18) odvisni od napetostnega stanja  $\sigma_{ij}$  oziroma obremenitve  $p$ . To zahteva iterativno reševanje. Shematičen potek reševanja prikazuje slika 2.

## 5 ŠTEVILČNI PRIMERI

Številčne primere smo izračunali z lastnim programom. Uporabili smo naslednje podatke: zunanji radij plošče  $b=200$  mm, elastični modul materiala  $E=210$  GPa, meja plastičnosti  $\sigma_{pl}=210$  MPa, Poissonov količnik  $\nu=0,3$ . Program smo preverili z analizo nekaterih elastičnih primerov izbočitve, za katere so znani analitični rezultati [10]. Pri tem smo analizirali vpliv delitve  $N$  na natančnost rezultatov, ki je razviden iz preglednice 1. Rezultati so podani v obliki izbočitvenega koeficienta  $\kappa$  za primer VI načina podprtja in za obremenitveni primer  $p_n=p_z=-p$ . Izbočitveni koeficient  $\kappa$  je za ploščo nespremenljive debeline v naslednji zvezi s kritično obremenitvijo plošče  $p_{cr}$ :

In equation (17)  $A_n(r, m)$  and  $B_n(r, m, p)$  are the belonging coefficients, which are functions of the radii  $r$ , the selected number of waves  $m$  and, in the elastic-plastic region, also of the outer load  $p$  of the plate. The solution is obtained by the finite-differences method. Considering the boundary conditions, a system of equations is obtained what is in the matrix form:

Here  $[A(m)]$  and  $[B(m, p)]$  are the matrices of coefficients to the vector of unknowns  $\{f\}^T = \{f_1, f_2, \dots, f_{N+1}\}$ . The condition for a nontrivial solution of a homogeneous system of linear equations (18) leads to the determination of the eigenvalues. In general, such a system has  $p_n(m)$  eigenvalues, where  $n=1, \dots, N+1$ . The buckling load, where the unstable state arises, is determined by the smallest real eigenvalue:

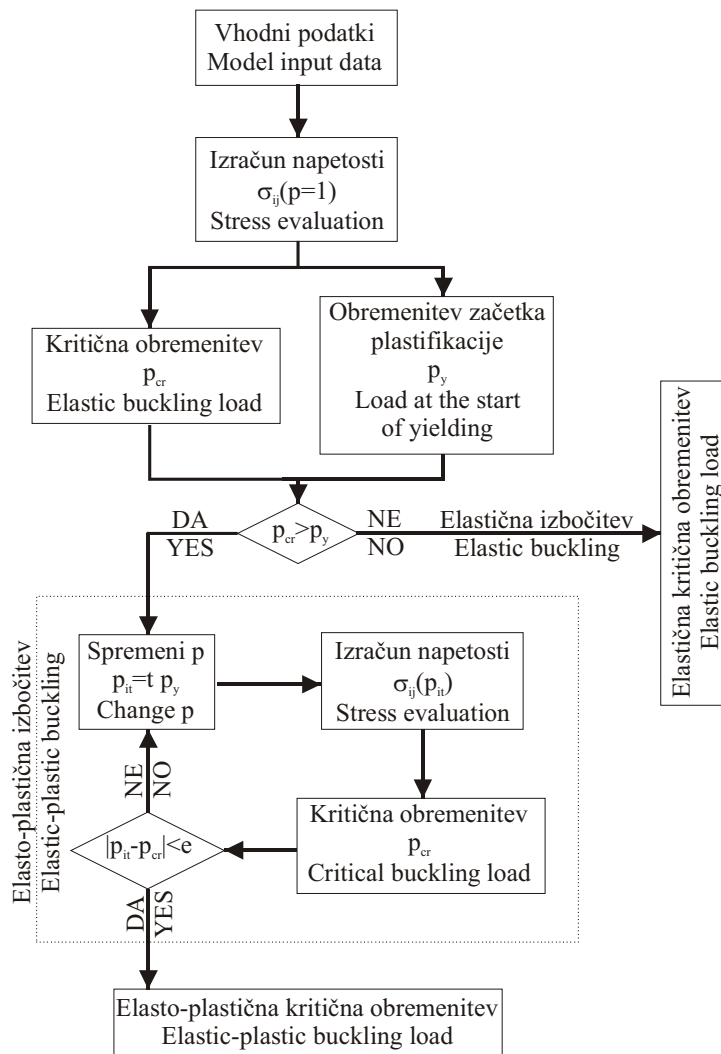
The calculated  $p_{cr}(m)$  (19) represents the buckling load for a determined load case and a number of waves  $m$ . It is necessary to determine the number of waves  $m$ , where the buckling load is the smallest. In that way the buckling shape of the plate is determined.

In cases where the stress state in the plate is within the elastic region the ratio  $\sigma_{ij}/p$  is constant, which is not true in the elastic-plastic region, where the mechanical properties of the material are nonlinear. For this reason the coefficients of the matrix  $[B(m, p)]$  (18) are dependent on the stresses  $\sigma_{ij}$  and on the load  $p$ , respectively. This demands an iterative procedure for solving the problem. The procedure is schematically shown in fig. 2.

## 5 NUMERICAL EXAMPLES

Numerical examples were calculated with our own programme. The following data were considered: outer radius of the plate  $b=200$  mm, Young modulus of the material,  $E=210$  GPa; yield stress,  $\sigma_{pl}=210$  MPa; Poisson's ratio,  $\nu=0.3$ . The program was tested with an analysis of the elastic buckling cases for which the analytical solutions are known [10]. The influence of the number of intervals  $N$  on the results was analysed and the results are shown in Table 1. The results are given in form of the buckling coefficient  $\kappa$  for the case of support VI and the load case  $p_n=p_z=-p$ . The buckling coefficient  $\kappa$  for a plate of constant thickness is calculated from the buckling load  $p_{cr}$  in the following way:





Sl. 2. Shematični potek izračuna kritične obremenitve  
 Fig. 2. Calculation of the buckling loads

$$p_{cr} = \kappa^2 \frac{D}{hb^2} = \kappa^2 \frac{E \cdot h^2}{12b^2(1-\nu^2)} \tag{21}$$

Izkaže se, da je treba pri manjših razmerjih  $a/b$  vzeti večje število delitev  $N$  zato, da dosežemo boljše konvergenco rezultatov. Ker je čas računanja odvisen od izbranega števila delitev, lahko to ugotovitev s pridom uporabljamo v izračunih.

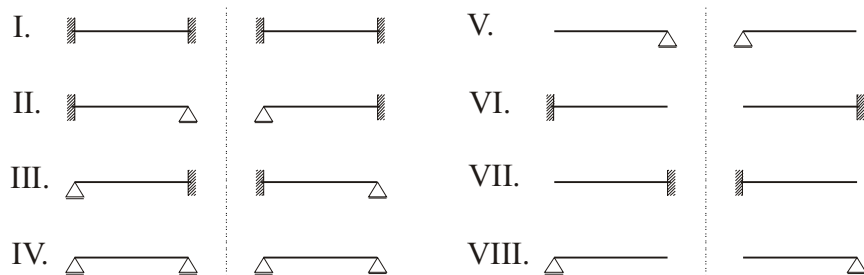
V preglednici 2 je podana primerjava rezultatov izbočitvenih koeficientov  $\kappa$  krožne plošče nespremenljive debeline v elastičnem področju z

It can be seen for at smaller ratio of  $a/b$  a greater number of intervals  $N$  must be taken to obtain a better convergence of the results. Because the calculation time depends on the chosen number of intervals, this is used to advantage in the calculations.

Table 2 shows the comparison between the buckling coefficients  $\kappa$  for a circular annular plate of constant thickness in the elastic region with analytical

Preglednica 1. Vpliv števila delitev  $N$  na konvergenco  $\kappa$ ,  $VI(\alpha=-1, \beta=-1)$   
 Table 1. Influence of the number of divisions  $N$  on the convergence  $\kappa$ ,  $VI(\alpha=-1, \beta=-1)$

$N$	$a/b$								
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
10	3,157	4,479	1,394	1,386	1,300	1,211	1,132	1,064	1,005
50	1,785	1,510	1,605	1,450	1,322	1,219	1,135	1,065	1,005
100	1,935	1,794	1,611	1,452	1,323	1,220	1,135	1,065	1,005
150	1,958	1,798	1,612	1,452	1,323	1,220	1,135	1,065	1,005



Sl. 3. Primeri podprtja plošče  
Fig. 3. Cases of plate supports

analitičnimi za primer osnosimetričnega načina izbočenja  $m=0$  [10].

Obravnavali smo osem različnih načinov podprtja plošče (sl.3), pri čemer je bila obremenitev plošče takšna, da je bilo napetostno stanje homogeno ( $p_n=p_z=-p, \sigma_r=\sigma_\phi=-p$ ). Iz primerjave je razvidno dobro ujemanje rezultatov [10], ki so dobljeni z uporabo energijske metode reševanja.

Nadalje smo analizirali nekatere primere izbočitev v elasto-plastičnem področju. Rezultati so prikazani v odvisnosti od vitkosti plošče  $\lambda$ , definirane kot razmerje zunanega premera plošče  $2b$  in debeline  $h$ . Mejna vitkost  $\lambda_{pl}$  (22), pri kateri se pojavi nestabilno stanje v elasto-plastičnem območju, določimo tako, da izenačimo obremenitev, pri kateri se prične plastifikacija s kritično obremenitvijo v elastičnem področju. Odvisna je od izbočitvenega koeficienta  $\kappa_{el}$  v elastičnem področju ter mehanskih lastnosti:

$$\lambda_{pl} = \frac{2b}{h_{pl}} = 2 \sqrt{\frac{\sigma_M^{\max}(p=1)}{\sigma_{pl}} \frac{E\kappa_{el}^2}{12(1-\nu^2)}} \quad (22)$$

Model preverimo tako, da rezultate kritičnih obremenitev v elasto-plastičnem področju primerjamo z rezultati v [12], kjer je obravnavana plošča nespremenljive debeline z naslednjimi številčnimi podatki,  $a/b=0,2$ , primer podprtja IV, obremenitveni primer pa je  $p_z=-p, p_n=0$ , kar ustreza  $\alpha=0, \beta=-1$ .

Rezultati v [12] so izračunani za idealno plastični material, ki ustreza standardu DIN 4114 z razmerjem  $E/\sigma_{pl}=1000$  in  $\nu=0,3$ . Ker se pri idealno plastičnem materialu,  $f=0$ , v našem modelu pojavi singularnost  $1/E_t=\infty$ , izberemo zelo majhno, od nič različno stopnjo utrjevanja  $f=10^{-4}$ .

Primerjava je podana v preglednicah 3 in 4. Rezultati so prikazani le za primere izbočitev v elasto-plastičnem področju, ki se za obravnavani primer pojavljajo pri vitkosti  $\lambda < \lambda_{pl}=128$ .

Slika 4 prikazuje odvisnost kritične obremenitve  $p_{cr}/\sigma_{pl}$  od vitkosti plošče  $\lambda$  (preglednici 3 in 4), dodan pa je še diagram, ki prikazuje relativno globino plastifikacije  $r_{pl}/b$ . Vidimo, da se z zmanjševanjem vitkosti  $\lambda < \lambda_{pl}$ , kar dosežemo lahko s povečevanjem debeline plošče, zvečuje tudi globina plastifikacije ob izbočitvi, kritična obremenitev pa zmanjšuje. Ta znaša, ko je celotno območje plošče plastificirano ( $r_{pl}=b, \lambda=66$ )

for the case of axisymmetric buckling  $m=0$  [10].

Eight different cases of plate supports were studied (fig.3), for each load case the resulting stress state was homogeneous ( $p_n=p_z=-p, \sigma_r=\sigma_\phi=-p$ ). Good agreement was obtained with the results in [10], which were obtained by the energy method.

Next, some cases of elastic-plastic buckling were analysed. The results are given in terms of the slenderness of the plate  $\lambda$ , which is defined as the ratio between the outer diameter  $2b$  and the thickness of the plate  $h$ . The limit slenderness  $\lambda_{pl}$  (22), where buckling in the elastic-plastic region occurs, is determined by equating the load at which the plastification starts with the buckling load in the elastic region. It depends on the buckling coefficient  $\kappa_{el}$  in the elastic region and on the material properties:

The model is verified so that the calculated buckling loads in the elastic-plastic region are compared with results from [12], where a constant-thickness plate is studied with the following numerical values;  $a/b=0,2$ , support case IV, load case  $p_z=-p, p_n=0$  or  $\alpha=0, \beta=-1$ .

The results [12] were obtained for an ideally plastic material which meets the DIN 4114 standard with  $E/\sigma_{pl}=1000$  and  $\nu=0.3$ . Because in the case of an ideally plastic material  $f=0$ , a singularity  $1/E_t=\infty$  appears, a very small hardening coefficient  $f=10^{-4}$  was selected.

The results are compared in tables 3 and 4 and shown only for the cases of elastic-plastic buckling which in the studied case occur at a slenderness  $\lambda < \lambda_{pl}=128$ .

Figure 4 shows the dependence of the buckling load  $p_{cr}/\sigma_{pl}$  on the slenderness  $\lambda$  (table 3 and 4), a diagram showing the relative depth of plastification  $r_{pl}/b$  is added. It can be seen that with a decrease of the plate slenderness  $\lambda < \lambda_{pl}$ , which is achieved with an increase of the thickness, the depth of plastification also increases while the buckling load is reduced. When the entire region of the plate is in the elastic-plastic

Preglednica 2. Primerjava izbočitvenih koeficientov  $\kappa$  za  $p_n=p_z=-p$ , in različna razmerja  $a/b$ Table 2. Comparison of buckling coefficients  $\kappa$  for  $p_n=p_z=-p$  at different ratios  $a/b$ 

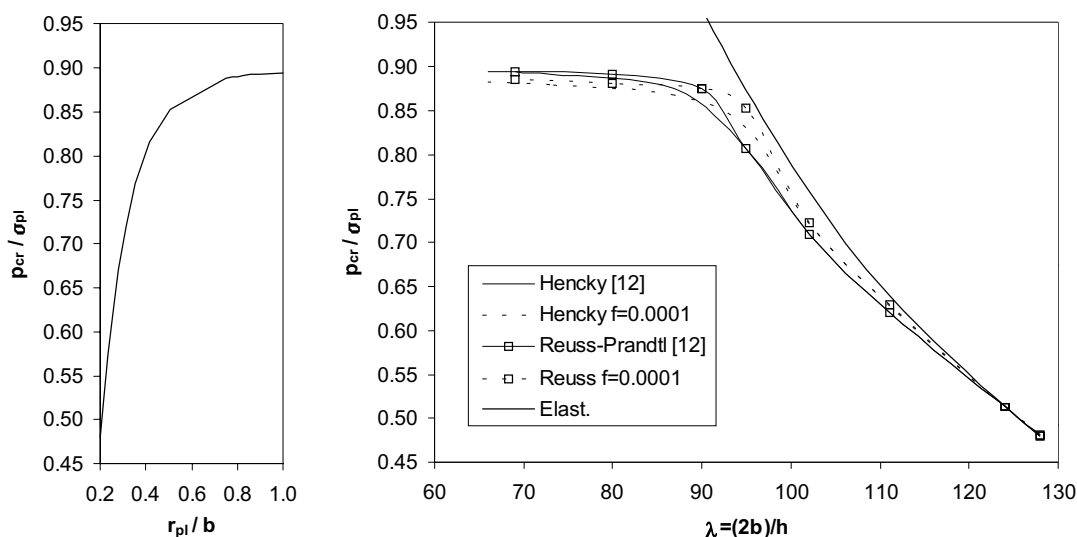
Primer Case	$a/b$								
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
I.	7,113	7,925	9,019	10,500	12,584	15,719	20,949	31,416	62,824
I. [10]	7,110	7,920	9,010	10,490	12,580	15,710	20,940	31,400	62,790
$\Delta\%$	0,05	0,06	0,10	0,09	0,03	0,05	0,04	0,05	0,05
II.	6,306	6,476	7,058	8,001	9,415	11,603	15,303	22,757	45,195
II. [10]	6,300	6,470	7,060	8,000	9,410	11,600	15,300	22,750	45,180
$\Delta\%$	0,09	0,09	-0,03	0,01	0,06	0,03	0,02	0,03	0,03
III.	4,761	5,359	6,155	7,225	8,725	10,975	14,723	22,215	44,684
III. [10]	4,760	5,360	6,150	7,220	8,720	10,970	14,720	22,210	44,670
$\Delta\%$	0,01	-0,02	0,08	0,07	0,06	0,05	0,02	0,02	0,03
IV.	4,205	4,340	4,749	5,410	6,401	7,933	10,523	15,737	31,428
IV. [10]	4,200	4,340	4,750	5,410	6,400	7,930	10,520	15,740	31,420
$\Delta\%$	0,11	0,00	-0,02	-0,01	0,01	0,04	0,03	-0,02	0,03
V.	2,088	2,204	2,404	2,713	3,183	3,924	5,194	7,779	15,605
V. [10]	2,090	2,200	2,400	2,700	3,190	3,930	5,200	7,790	15,610
$\Delta\%$	-0,10	0,18	0,18	0,50	-0,21	-0,16	-0,11	-0,14	-0,03
VI.	1,976	1,801	1,613	1,452	1,323	1,220	1,135	1,065	1,005
VI. [10]	1,940	1,760	1,580	1,420	1,290	1,180	1,100	1,020	0,980
$\Delta\%$	1,88	2,35	2,06	2,26	2,57	3,36	3,19	4,38	2,57
VII.	3,567	3,295	3,186	3,300	3,646	4,306	5,524	8,073	15,875
VII. [10]	3,618	3,244	3,182	3,310	3,646	4,316	5,524	8,073	16,376
$\Delta\%$	-1,41	1,59	0,14	-0,33	-0,01	-0,25	-0,01	0,00	-3,06
VIII.	1,935	1,794	1,611	1,452	1,323	1,220	1,135	1,065	1,005
VIII. [10]	1,980	1,800	1,620	1,460	1,330	1,220	1,140	1,060	1,020
$\Delta\%$	-2,30	-0,32	-0,58	-0,58	-0,53	-0,03	-0,43	0,44	-1,45

Preglednica 3. Henckyeve napetostno-deformacijske zveze (IV,  $a/b=0,2$ ,  $\alpha=0$ ,  $\beta=-1$ )Table 3. Hencky's stress-strain relations (IV,  $a/b=0.2$ ,  $\alpha=0$ ,  $\beta=-1$ )

$\lambda=(2b)/h$	el-pl [12]		el-pl ( $f=10^{-4}$ )		elastično / elastic	
	$M$	$p_{cr}/\sigma_{pl}$	$M$	$p_{cr}/\sigma_{pl}$	$M$	$p_{cr}/\sigma_{pl}$
128	0	0,480	0	0,481	0	0,481
124	0	0,514	0	0,513	0	0,513
111	0	0,621	0	0,628	0	0,640
102	0	0,710	0	0,721	0	0,758
95	0	0,807	1	0,831	0	0,874
87	1	0,875	1	0,867	0	1,042
73	2	0,891	1	0,879	0	1,479
66	3	0,894	1	0,883	0	1,810

Preglednica 4. Reuss-Prandtlove napetostno-deformacijske zveze (IV,  $a/b=0,2$ ,  $\alpha=0$ ,  $\beta=-1$ )Table 4. Reuss-Prandtl's stress-strain relations (IV,  $a/b=0.2$ ,  $\alpha=0$ ,  $\beta=-1$ )

$\lambda=(2b)/h$	el-pl [12]		el-pl ( $f=10^{-4}$ )		elastično / elastic	
	$M$	$p_{cr}/\sigma_{pl}$	$M$	$p_{cr}/\sigma_{pl}$	$M$	$p_{cr}/\sigma_{pl}$
128	0	0,480	0	0,481	0	0,481
124	0	0,514	0	0,513	0	0,513
111	0	0,621	0	0,630	0	0,640
102	0	0,710	0	0,723	0	0,758
95	0	0,807	1	0,853	0	0,874
90	0	0,875	1	0,874	0	0,973
80	0	0,891	1	0,880	0	1,232
69	1	0,894	1	0,885	0	1,655



Sl. 4. Relativna globina plastifikacije in kritična obremenitev po različnih teorijah (IV,  $a/b=0.2$ ,  $\alpha=0$ ,  $\beta=-1$ )  
 Fig. 4. Relative depth of plastification and buckling loads for different theories (IV,  $a/b=0.2$ ,  $\alpha=0$ ,  $\beta=-1$ )

$p_{cr}/\sigma_{pl}=0.885$ , kar je bistveno manj od vrednosti  $p_{cr}/\sigma_{pl}=1.655$ , ki nam jo daje elastična rešitev za isti primer. Opazna je tudi razlika med rezultati, dobljenimi na osnovi Reuss-Prandtl'ovih napetostno deformacijskih zvez, ki dajejo v primerjavi s Henckyjevimi nekoliko večje kritične obremenitve pri manjšem številu valov  $m$ .

Slika 6 prikazuje vpliv stopnje utrjevanja materiala  $f$  na kritično obremenitev. Razvidno je, da so pri večjih stopnjah utrjevanja večje tudi kritične obremenitve, pri čemer preide celotno območje plošče v elasto-plastično področje pri večjih vitkosti. Slika 6 prikazuje izbočitvene koeficiente  $\kappa$  v odvisnosti od vitkosti za ploščo iz materiala s stopnjo utrjevanja  $f=0.1$  pri različnih razmerjih  $a/b$  in načinu podprtja IV. Črtkano nadaljevanje krivulj na slikah 5 in 6 pomeni, da je bilo ob izbočitvi celotno območje plošče že v plastičnem področju ( $r_{pl}/b=1.0$ ).

## 6 SKLEP

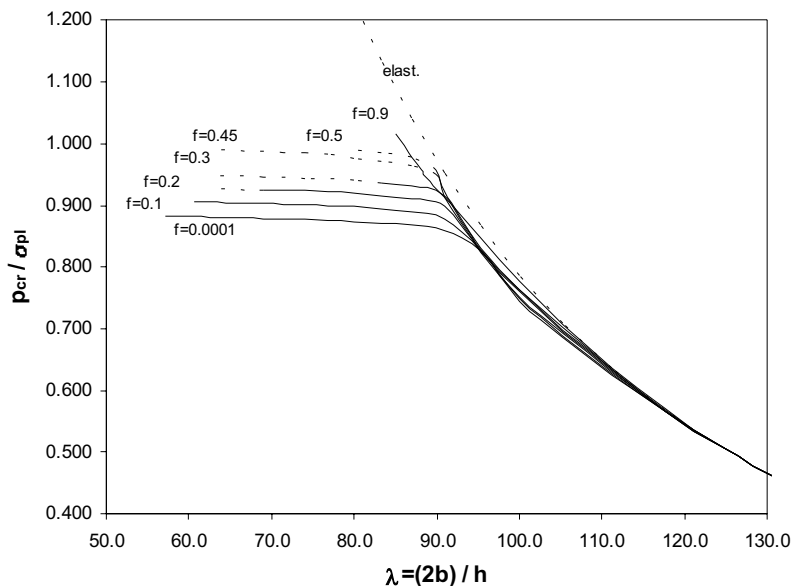
Najprej lahko ugotovimo, da zaradi upoštevanja Shanleyeve hipoteze, pomenijo izračunane vrednosti spodnje meje kritičnih obremenitev. Iz rezultatov je razvidno, da se plošča izboči v elastičnem področju le v primerih razmeroma vitkih plošč. S povečevanjem debeline se kritična obremenitev plošče veča. Kritična obremenitev, določena z upoštevanjem plastifikacije, je manjša od tiste, ki jo napoveduje izbočitveni koeficient za elastično področje. Zmanjšanje kritične obremenitve je še posebej izrazito pri materialih z majhno stopnjo utrjevanja  $f$ . V takšnih primerih je nujno treba upoštevati plastifikacijo. V primeru, ko ima material večjo stopnjo utrjevanja  $f$ , se hitreje zvečujejo napetosti v plastificiranem delu plošče. Posledica tega je, da pride pri določenih vitkosti prej do porušitve plošče zaradi presežene meje trdnosti materiala kakor zaradi izgube stabilnosti. Izkaže se tudi, da se pojavi v

region ( $r_{pl}=b$ ,  $\lambda=66$ ) the buckling load is only  $p_{cr}/\sigma_{pl}=0.885$ , compared to the the elastic solution  $p_{cr}/\sigma_{pl}=1.655$  for the same case. It can be seen that Reuss-Prandtl's stress-strain relations give larger buckling loads compared to Hencky and a smaller number of waves  $m$ .

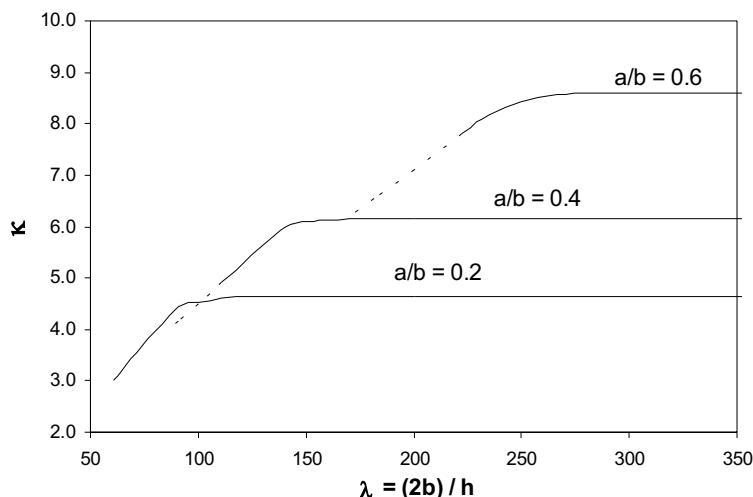
Figure 6 shows the influence of the hardening coefficient  $f$  on the buckling load. It can be seen that for larger values of  $f$  the buckling loads are larger and that the whole area of the plate reaches the elastic-plastic region at larger values of slenderness. The dotted curves in figures 5 and 6 show that the whole plate was already in the elastic-plastic region when the buckling occurred ( $r_{pl}/b=1.0$ ). In Fig. 6 the relationship between the buckling coefficient  $\kappa$  and the slenderness of the plate made of a material with a hardening coefficient  $f=0.1$  at different ratio  $a/b$ , case IV.

## 6 CONCLUSION

First, we must observe that because Shanley's hypothesis was considered the calculated values represent the lower values of the buckling loads. The results show that the plate buckles in the elastic region only for relatively thin-slender plates. The load capacity of the plate with the consideration of plastification is smaller than the load capacity defined by the elastic buckling coefficient. The reduction of the buckling load is especially noticeable for materials with small hardening coefficients  $f$ . In such cases the consideration of plastification is inevitable. In cases where the material has a larger hardening coefficient  $f$  the stresses in the elastic-plastic region of the plate increase more rapidly. The consequence is that, at a certain slenderness, the plate collapses because the maximum stress of the material is exceeded and not because of buckling. It



Sl. 5. Vpliv stopnje utrjevanja  $f$  na kritično obremenitev (IV,  $a/b=0,2$ ,  $\alpha=0$ ,  $\beta=-1$ )  
 Fig. 5. Influence of the hardening factor  $f$  on the buckling load (IV,  $a/b=0,2$ ,  $\alpha=0$ ,  $\beta=-1$ )



Sl. 6. Vpliv razmerja radijev  $a/b$  na izbočitveni koeficient (IV,  $f=0,1$ ,  $\alpha=0$ ,  $\beta=-1$ )  
 Fig. 6. Influence of the ratio  $a/b$  on the buckling coefficient (IV,  $f=0,1$ ,  $\alpha=0$ ,  $\beta=-1$ )

elasto-plastičnem področju nestabilno stanje in izbočitev pri večjem številu valov  $m$  kakor pri izbočitvi v elastičnem področju.

can also be seen that in the elastic-plastic region the unstable state and the buckling process appears with a greater number of waves  $m$  than in the elastic region.

7 REFERENCE  
 7 REFERENCES

- [1] Kosel, F. (1979) Elastic stability of an excentric circular annulus, *Theoretical and Applied Mechanics*, 5, 51-62, Beograd.
- [2] Kosel, F., M. Škerlj (1982) Finite difference solution of the stability of a plate with hole, Anton Kuhelj memorial volume, Ljubljana, *SAZU*, 205-214.
- [3] Baebler, M., F. Kosel (1982) Experimental investigation of the stability of thin circular plates with holes, Anton Kuhelj memorial volume, Ljubljana, *SAZU*, 153-165.
- [4] Kosel, F., J. Chen (1994) Geometry optimisation of the elastostatic stability problem of annular subjected to two concentrated loads, Berlin, *Z. Angew. Math. und Mech.* 74, 4, 305-308.
- [5] Kumelj, T. F. Kosel (1995) Elastic stability of thin annular plates made of rectilinearly orthotropic material, *An International Journal of Computers & Structures*, Vol. 54, 141-145, Great Britain.
- [6] Stowell, E. Z. (1948) A unified theory of plastic buckling of columns and plates, *NACA technical note Nr. 1556*.

- [7] Mendelson, A. (1968) Plasticity: theory and application, *The Mac Millan Comp.*, New York.
- [8] Škerlj, M., F. Kosel (1973) Déformations et tensions dans le couvercle de turbine, *Strojniški vestnik, (Journal of Mechanical Engineering)*, Ljubljana, 1, 1-5.
- [9] Kosel, F., J. Chen Jin (1997) Buckling of a thin annular plate subjected to two opposite locally acting pressures and supported at two opposite points, *An International Journal of Mechanical Sciences*, Vol. 39, No.12., 1325-1343, PII: S0020-7403(97)00019-2, Great Britain.
- [10] Škerlj, M. (1968) Die allgemeine Lösung des achsensymmetrischen Stabilitätsproblems einer Kreisringscheibe, *Strojniški vestnik*, Ljubljana, 3, 1-8.
- [11] Kosel, F. (2001) Elastic buckling of a thin excentric circular annulus, *Gesellschaft für angewandte Mathematik und Mechanik (GAMM) 2001*, Zürich, 71-72.
- [12] Pertot, B. (1972) Problemi elasto-plastičnih deformacij pri ravninskih elementih s posebnim ozirom na stabilnostne razmere, doktorska disertacija, *Fakulteta za strojništvo*, Ljubljana.

Naslov avtorjev: Boštjan Bremec  
prof.dr. Franc Kosel  
Fakulteta za strojništvo  
Univerza v Ljubljani  
Aškerčeva 6  
1000 Ljubljana

Authors' Address: Boštjan Bremec  
Prof.Dr. Franc Kosel  
Faculty of Mechanical Eng.  
University of Ljubljana  
Aškerčeva 6  
1000 Ljubljana, Slovenia

Prejeto:  
Received: 19.3.2001

Sprejeto:  
Accepted: 7.12.2001

## Vloge orodjarn v dobavni verigi

### The Role of Toolmakers in the Supply Chain

Tatjana Fulder - Andrej Polajnar - Krsto Pandža

*Predstavljeni prispevek obravnava pomen vključevanja dobaviteljev v razvoj novih izdelkov, pri čemer smo se osredotočili na orodjarne, ki so zaradi svoje vključitve v dobavno verigo ustrezen predmet raziskovanja. Tako smo na podlagi metodologije študija primera podrobno raziskali stanje v orodjarskem sektorju z namenom, da bi ugotovili, kakšne vloge zavzemajo orodjarne v dobavni verigi in pri razvoju novih izdelkov glede na razvite sposobnosti. Izsledki raziskave so zaokroženi z modelom vlog orodjarn v dobavni verigi, pri čemer so vloge odsev različne stopnje razvitosti določenih sposobnosti.*

© 2001 Strojniški vestnik. Vse pravice pridržane.

**(Ključne besede: orodjarstvo, razvoj izdelkov, dobavitelji, verige dobaviteljev)**

*This paper deals with the importance of involving suppliers in new-product development and focuses on the toolmaking industry because of its integration into the supply chain. Using a case-study methodology an in-depth analysis of the situation in the Slovenian toolmaking sector was carried out in order to identify the roles of toolmakers in the supply chain and in new-product development in relation to their capabilities. The results of the research are summarized in a model of the roles of toolmakers in the supply chain, in which the roles reflect the different stages of development of individual capabilities.*

© 2001 Journal of Mechanical Engineering. All rights reserved.

**(Keywords: toolmaking, product development, suppliers, supply chains)**

#### 0 UVOD

Veliko proizvodnih podjetij po svetu in doma išče poti, ki bi omogočile hitrejši in učinkovitejši razvoj novih izdelkov oziroma poti, ki bi izboljšale sedanje izdelke. Kupci so namreč dandanes neizprosni, saj zahtevajo hitre dobavne čase, dobro kakovost izdelkov ter ugodne cene. Zaradi vseh teh zahtev pa razvoj novih izdelkov postaja iz dneva v dan bolj zapleten in zahtevnejši. Proizvodna podjetja se srečujejo z velikimi pritiski tako glede časa kakor tudi stroškov, hkrati pa je tudi globalizacija prinesla nove zahteve v razvoj izdelkov [1].

Zaradi tega se vse več podjetij poskuša zgledovati po japonskih proizvajalcih, pri čemer izstopa predvsem avtomobilski gigant Toyota, ki svet že od 80. let vedno znova preseneča z novimi dognanji s področja proizvodnega menedžmenta. Eno izmed teh dognanj predstavlja tudi vitka proizvodnja, v kateri se skupine zaposlenih nenehno trudijo, da bi izboljšali proizvodne postopke. Ta termin namreč pomeni, da podjetje porabi za dejavnosti v postopkih manj dela, manj proizvodnega prostora, manj investicij, manj orodij, manj časa itn., skratka pomeni, biti zmožen izdelovati standardne izdelke velike kakovosti z majhnimi stroški.

#### 0 INTRODUCTION

In order to satisfy their clients many production companies all over the world are searching for ways that will result in the faster and more efficient development of new products or improvements to existing products. Today, buyers are inexorable in their demands for products with shorter delivery times, higher quality and lower prices. As a consequence, the development of new products becomes more and more complex and demanding. But these production companies are not only under constant pressure in terms of time and cost, at the same time globalisation has brought new challenges for the development of new products [1].

For this reason more and more companies try to follow the example of Japanese producers, in particular the car-industry giant Toyota, a company that has been surprising the world over and over again with new findings in the sphere of production management since the eighties. One example of their achievements is the so-called "lean manufacturing" process; the term means that less work, less production room, less investment, fewer tools, less time etc. are used in the process operations. In other words, employees working in teams are required to try and improve production processes all the time in order to produce standard products of high quality with low costs.

Nadalje proizvajalci vlagajo veliko naporov v iskanje rešitev za racionalizacijo postopka razvoja novega izdelka, saj je več raziskav pokazalo, da izhaja 40 odstotkov vseh problemov glede kakovosti iz faze snovanja in konstrukcije izdelka, 60 do 80 odstotkov stroškov izdelka pa se ustvari pri načrtovanju proizvodnih postopkov [2]. Zato je zaporedno izvajanje dejavnosti v postopku razvoja novega izdelka in proizvodnje nadomestilo vzporedno izvajanje le-teh, saj so se na tak način poleg skrajšanja pretočnega časa zmanjšali tudi stroški razvoja novega izdelka, hkrati pa je takšna organizacija dejavnosti omogočila učinkovitejši pretok informacij. Ta postopek, ki je v osemdesetih letih prinesel nov pogled na dogajanja, poznamo kot sočasno inženirstvo. Vse bolj zapleteni izdelki pa zahtevajo tudi razvoj najrazličnejše strojne in računalniške programske opreme. Tako uporaba učinkovitih računalniško podprtih (RP) orodij in komunikacijskih sistemov pomeni temelje, na katerih je postopek razvoja novega izdelka pripravljen za 21. stoletje. Fizične prototipe so začeli nadomeščati digitalni, uporaba navidezne tehnike za vizualizacijo, simuliranje in interaktivno preskušanje rezultatov razvoja ter načrtovanje proizvodnje postaja standardno orodje pri razvoju izdelkov, informacijski in komunikacijski sistemi pa oblikujejo nove temelje za partnersko sodelovanje podjetij pri razvoju novih izdelkov.

Poleg hitrega razvoja najrazličnejših tehničnih pripomočkov pa podjetja vse bolj prisegajo tudi na svoje dobavitelje. Tudi na tem področju so japonski proizvajalci prekosili preostali svet. Že dolgo uveljavljena japonska praksa vključuje dobavitelje v razvoj novih izdelkov. Vendar v današnjem času ni to samo japonska praksa, ampak se tudi druga podjetja vedno bolj zavedajo dejstva, da postajajo njihovi dobavitelji vedno močnejše orožje pri doseganju konkurenčne prednosti. V mnogih podjetjih so spoznali, da pomeni nabavna veriga vir novih znanj in sposobnosti, ki lahko veliko pripomore k dvigu konkurenčnosti. Sedaj gledajo kupci na svoje dobavitelje kot na kompetenten vir inovacij po meri uporabnika [3]. Tako učinkovita zgodnja integracija dobaviteljev v razvoj izdelka postaja za določene proizvajalce ključni dejavnik pri doseganju različnih izboljšav, potrebnih, da ostanejo konkurenčni [4].

## 1 TEORETIČNO OZADJE

Veliko raziskovalcev se ukvarja s problematiko integracije dobaviteljev v razvoj novega izdelka predvsem z vidika preučevanja, kdaj se naj dobavitelji vključijo v razvoj, katere so prednosti, pomanjkljivosti ter koristi in tveganja vključevanja.

Ustrezen predmet raziskovanja pomena vključevanja dobaviteljev ter mogoče koristi takšnega

The producers are also engaged in finding solutions for the rationalisation of the new-product development process itself, as many studies show that 40 % of all problems relating to quality originate from the product planning and design phases and 60 to 80 % of the product costs are incurred in the planning of the production processes [2]. This is why the consecutive performance of operations in the process of product development and production has been replaced by the simultaneous performance of these operations, which has resulted not only in an improved throughput, but also in a reduction of new-product development costs. At the same time, such an organisation of operations has resulted in a more efficient flow of information. This approach, which introduced a whole new way of thinking in the eighties, is known as concurrent engineering. Together with the development of increasingly complex products, the development of hardware and software has become more important. Thus, new-product development in the 21<sup>st</sup> century relies on the use of efficient computer-aided (CA) tools and communication systems. Material prototypes are being replaced by digital ones, virtual technology is used for visualisation, simulations and the interactive testing of development results and production planning have become standard tools in product development, and information and communication systems form a new foundation for the partnership of companies in the development of new products.

In addition to the rapid development of various technical instruments, the producers are increasingly relying on the support of their suppliers. This is yet another field where Japanese producers are way ahead of the rest of the world. In Japan it has been common practice to involve suppliers in new-product development for many years. Today, this well-established Japanese practice is also being adopted by companies in other countries, which are becoming increasingly aware of the fact that their suppliers are a powerful weapon in achieving a competitive advantage. Many companies have realised that the supply chain is a valuable source of new knowledge and capabilities that can be used to increase their competitiveness. Today, buyers regard their suppliers as a competent source of innovations, providing solutions to meet the needs of customers [3]. For some producers the efficient and early integration of suppliers into the process is becoming a key factor for the implementation of the necessary improvements in order to maintain their competitiveness [4].

## 1 THEORETICAL BACKGROUND

There are many studies dealing with the issue of integrating suppliers into the development of a new product. In particular, the questions of when suppliers should be involved in such development, what are the advantages, the weaknesses as well as the benefits and risks of their integration?

In the nineties, studies investigating the importance of supplier involvement and the possible



postopanja so bili v devetdesetih letih predvsem japonski proizvajalci končnih izdelkov, za katere je bil značilen hiter ter kakovosten razvoj novih izdelkov, pri čemer je raziskovalce zanimala japonska avtomobilska industrija ([5] in [6]), ki je že zgodaj začela v postopek razvoja novega avtomobila vključevati tudi zunanje vire. Vendar so tudi druga podjetja v svoje poslovne strategije vključila integracijo dobaviteljev v razvoj predvsem z vidika skrajšanja razvojnega časa ([7] in [8]). Zelo zanimivi za preučevanje so bili tudi ameriški in evropski proizvajalci končnih izdelkov, pri čemer so se ameriški proizvajalci izkazali kot dejavnejši pri vključevanju dobaviteljev v razvoj [2].

Poleg interesov proizvajalcev končnih izdelkov za vključevanje dobaviteljev v postopek razvoja, pa so pomembni tudi dejavniki, ki vplivajo na interes dobaviteljev, da se zgodaj vključijo v razvoj [9]. Tako je enakopravnost obeh strani ključna značilnost uspešne zveze [10]. Zaupanje, delitev dobička, delitev lokacije, skupen delež v novih tehnologijah, obojestransko zmanjševanje stroškov, nenehna komunikacija in izmenjava informacij kakor tudi zaupanje, so prav tako kritični dejavniki ([4], [11] in [12]), ki pripomorejo k uspešnemu sodelovanju. Poleg naštetih dejavnikov ima vpliv na uspeh integracije tudi trajanje sodelovanja kupec/dobavitelj [13].

Predstavljeni prispevek obravnava razvoj sposobnosti dobaviteljev, potrebnih za uspešno vključevanje le-teh v razvoj novih izdelkov, saj raziskovanje razvoja sposobnosti in vključevanje teorije proizvodnih virov v okvir proizvodnih strategij pomeni eno od pomembnejših usmeritev s področja proizvodnega menedžmenta.

## 2 METODOLOGIJA IN PREDMET RAZISKAVE

Pri raziskovanju smo se osredotočili na orodjarstvo, ki je zaradi svoje navzočnosti v dobavni verigi ustrezen predmet raziskovanja. Orodja, kot rezultat njihovega razvoja, so običajno unikatni in kakovostni izdelki, ki so plod bogatega tehničnega in tehnološkega znanja ter izkušenj, kljub naštetemu pa ti izdelki niso zanimivi za široke množice porabnikov. Zato se orodjarne največkrat znajdejo v vlogi dobaviteljev orodij za velike serijske proizvajalce.

Pri tem nas je predvsem zanimalo razmerje orodjarna kot dobavitelj in avtomobilski proizvajalec kot izdelovalec končnega izdelka, saj so poleg tega, da orodjarne pri svojem delu v večini sodelujejo z avtomobilsko industrijo, v tej industrijski panogi najrazličnejše zahteve trga in tudi proizvajalcev samih še izrazitejše.

Tako smo na podlagi metodologije študija primera podrobneje raziskali stanje v dveh slovenskih orodjarnah: EMO Orodjarni d.o.o. iz Celja in orodjarni VAR d.o.o. iz Gornje Radgone, pri čemer

benefits of such integration focused at first on Japanese producers of final products, who were known for their fast and high-quality new-product development. The chosen subject of the research was the Japanese car industry ([5] and [6]), one of the first to begin integrating external sources into the process of developing a new car. Other companies also introduced supplier integration into the development in their own business strategies, initially to shorten the development time ([7] and [8]). Another interesting subject of research were US and European producers of final products, with the US producers proving to be more active in integrating suppliers into their development [2].

When looking at integrating the supplier into the development process one should not only consider the interest of the final-product manufacturers in such an integration but also the factors influencing the supplier's interest in early involvement in the development [9]. Thus, the equal involvement of both sides is the key to a successful alliance [10]. Other important factors contributing to a successful collaboration include mutual trust, sharing of profit, sharing of location, equal share in new technologies, mutual reduction of costs, continuous communication and exchange of information ([4], [11] and [12]). Another important factor in the success is the duration of the buyer-supplier collaboration [13].

Taking into account present production-management research trends that focus on capability-development studies and the integration of the resource-based view theory into production strategies, this paper deals with the development of the supplier capabilities necessary for their successful integration into the development of new products.

## 2 METHODOLOGY AND SUBJECT OF THE RESEARCH

Our study focused on the toolmaking industry, which represents an appropriate subject for research because of its position in the supply chain. In spite of the fact that tools resulting from toolmaking product development tend to represent unique and high-quality products, the production of which requires a lot of technical and technological expertise and experience, these products are not interesting for a broader consumer society. This is why toolmakers usually act as suppliers to big serial manufacturers.

We were particularly interested in the relationship between the toolmaker, as the supplier, and the car producer, as the manufacturer of the final product. Not only because toolmakers mostly collaborate with car manufacturers, but also because the growing demands of the market, as well as of the producers themselves, concern the car industry even more than other branches of industry.

Using a case-study methodology we analysed the situation of two Slovenian toolmakers, EMO Orodjarna Ltd. Celje and VAR Ltd. Gornja

smo za metodo zbiranja podatkov uporabili intervjuje. Izsledki raziskave, izvedene v teh dveh orodjarnah, so rabili za postavitev modela, v katerem so prikazane razvite sposobnosti, ki opišejo določene vloge orodjarn v dobavni verigi. Model vlog orodjarn v dobavni verigi je splošen model, saj orodjarne za dobavitelja lahko vzamejo tudi druga dobavna podjetja. Poleg tega lahko te vloge zavzamejo orodjarne oziroma drugi dobavitelji v razmerju z drugimi proizvajalci končnih izdelkov, vendar z omejitvijo. Zahtevnost izdelkov le-teh mora biti podobna zahtevnosti avtomobila.

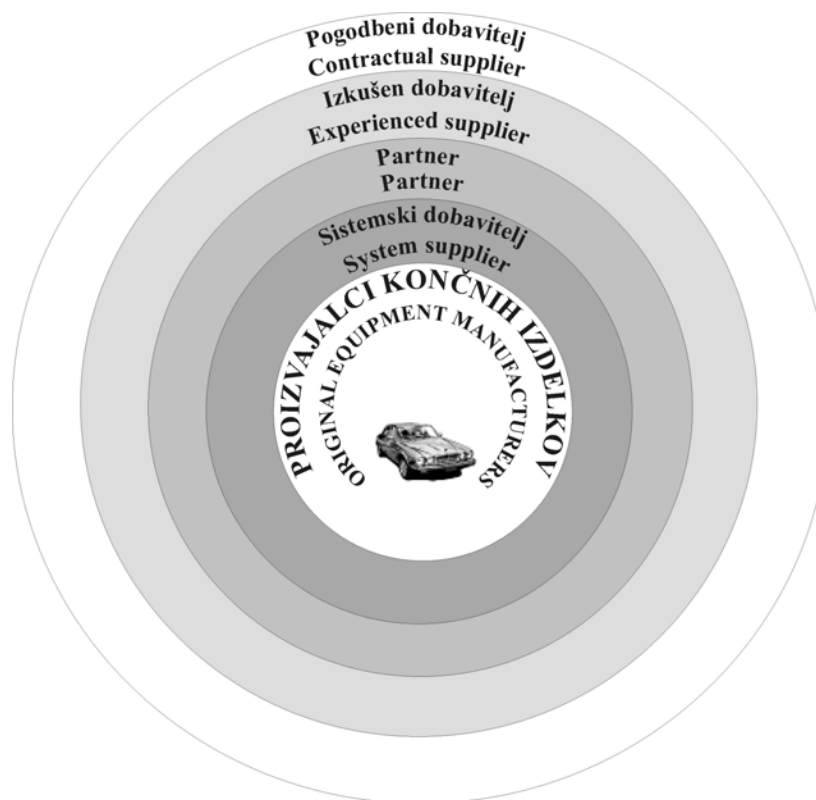
### 3 MODEL VLOG ORODJARN V DOBAVNI VERIGI

Izsledki raziskave, ki so bili pridobljeni z analiziranjem slovenskih orodjarn, so združeni v modelu vlog orodjarn v dobavni verigi (sl.1) [14]. Vloge so odsev razvitih sposobnosti, ki jih orodjarna v določenem trenutku ima, oziroma jih še mora razviti.

Radgona, using interviews as the data-collection tool. The findings of our investigation were used in setting up a model describing the relationship between developed capabilities and the roles of toolmakers in the supply chain. The model of toolmaker roles in the supply chain is a general model, as it can be applied to car-industry suppliers other than toolmakers. In addition, it can also be applied to toolmakers or other suppliers in relation to the producers of final products other than car manufacturers, but with one restriction; the complexity of the products involved must correspond to the complexity of a car.

### 3 MODEL OF TOOLMAKER ROLES IN THE SUPPLY CHAIN

The findings obtained in our analysis of two Slovenian toolmakers are summarized in the model of toolmaker roles in the supply chain (Fig.1) [14]. The roles reflect different capabilities already developed, or yet to be developed, by toolmakers involved in the study.



Sl. 1. Orodjarne in njihove vloge v dobavnih verigah  
Fig.1. Toolmakers and their roles in the supply chain

Orodjarnam smo dodeli štiri vloge in tako se lahko orodjarna pojavlja v vlogi:

- sistemskega dobavitelja,
- partnerja,
- izkušenega dobavitelja in
- pogodbenega dobavitelja.

Preden predstavimo ključne sposobnosti, ki so vplivale na razdelitev vlog, je treba najprej

Toolmakers have been assigned four different roles, they can play the role of:

- system supplier,
- partner,
- experienced supplier and
- contractual supplier.

Before we present the most important capabilities, on the basis of which the roles have been

opredeliti pojem sposobnost. Ena izmed definicij pravi, da sposobnosti podjetjem omogočijo, da učinkoviteje oziroma uspešneje izvedejo dejavnosti, ki vodijo k izdelavi in dobavi izdelkov oziroma storitev kupcu [15]. Viri so sredstva, oprijemljiva ali neoprijemljiva, ki jih ima podjetje in sami po sebi niso produktivni.

Vsak proizvajalec končnih izdelkov ima svoja merila, po katerih ocenjuje pomen in vpliv določenih sposobnosti. Za orodjarstvo je značilno, da je zelo intenzivna dejavnost, ki sicer ne zahteva velikega materialnega vložka, ampak veliko inovativnosti in strokovnega dela. Pri analiziranju slovenskega orodjarskega sektorja smo ugotovili, da so vloge posledica različne stopnje razvitosti naslednjih ključnih sposobnosti:

- obvladovanja tehnologij,
  - obvladovanja informacijskih sistemov in računalniške programske opreme,
  - obvladovanja razvoja,
  - obvladovanja kakovosti in ekologija
- ter virov:
- proizvodnih zmogljivosti,
  - človeških virov in
  - finančnih virov (sl. 2).

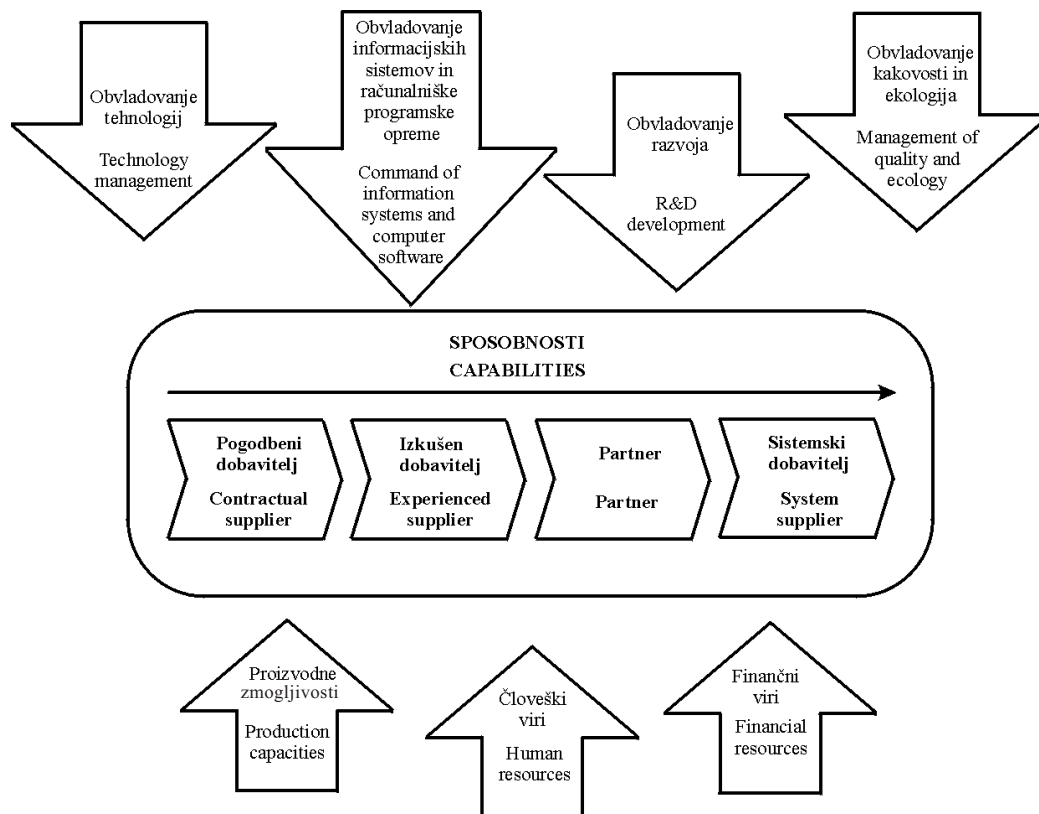
Sposobnost obvladovanja tehnologij je pomembna predvsem z vidika obvladovanja tehnologije izdelave izdelka. Tako določeno tehnološko ekspertno znanje (npr. obvladovanje

determined, let us define the term capability. According to one of the definitions, capabilities allow firms to more efficiently or effectively choose and implement the activities to produce and deliver a service to customers [15]. Resources, on the other hand, are assets, either tangible or intangible, which the company has at its disposal, but which are not productive themselves.

Every manufacturer of final products will have its own standards for the assessment of capabilities in terms of importance and impact. According to the results of our study and taking into account that toolmaking is a highly work-intensive activity that does not require a big material input, but a lot of innovation and expertise, the roles of toolmakers are determined by the stage of the development of the following capabilities:

- technology management,
  - command of information systems and computer software,
  - R&D,
  - management of quality and ecology
- and resources:
- production capacities,
  - human resources and
  - financial resources (Fig.2).

The capability referred to as technology management relates to the command of product-specific production technologies. In this context, specific technological expertise (for instance the



Sl.2. Vpliv sposobnosti in virov na razdelitev vlog  
 Fig. 2. The influence of capabilities and resources on role determination

tehnologije globokega vleka) pomeni temelj konkurenčne prednosti. Obvladovanje določene tehnologije pomeni ključno znanje, ki ga orodjarna prodaja na trgu, in je eno izmed bistvenih sposobnosti, ki jo ločuje od drugih orodjarn.

Nadalje pomeni obvladovanje informacijskih sistemov in računalniške programske opreme naslednjo sposobnost, brez katere si več ne moremo zamišljati kakovostnega razvoja. Velik problem pa je velika ponudba le-te na trgu, zato velikokrat prihaja do problemov ujemanja opreme, ki jo ima naročnik, in opreme, ki jo ima dobavitelj. Poseben pomen ima tudi ustrezno zgrajen informacijski sistem, saj dandanes potujejo informacije prek elektronskih sredstev.

Naslednja sposobnost, ki jo proizvajalci končnih izdelkov zahtevajo, je obvladovanje razvoja v pomenu obvladovanja razvoja končnega izdelka oziroma določenih komponent izdelka. Proizvajalci iščejo dobavitelje, ki so inovativni, polni zamisli in izboljšav, dobavitelje, ki so sposobni sami narekovati razvoj. Da je orodjarna sposobna obvladovati razvoj, ne samo orodja, temveč tudi izdelka, mora imeti predvsem veliko znanja in izkušenj na določenem področju izdelave izdelka, imeti mora ustrezno programsko opremo, strokovni kader, velika finančna sredstva, zato lahko povzamemo, da so sposobnosti med seboj zelo povezane in se tudi prelivajo druga v drugo.

Obvladovanje kakovosti in posluš za ekologijo je naslednja pomembna zahteva proizvajalcev končnih izdelkov. Tako so najrazličnejši certifikati o zagotavljanju kakovosti osebna izkaznica podjetja, s katero se ta izkazuje pri pridobivanju naročil. Certifikatom proizvajalci končnih izdelkov zaupajo, saj jih dobavitelji pridobijo na temelju preverjanja neodvisne certifikacijske organizacije. Vrh obvladovanja kakovosti je poslovna odličnost, pri kateri je podjetje dovolj zrelo, da se samo preverja, da postanejo vsi zaposleni resnični borci za napredek, skratka, podjetje mora graditi lastno kulturo in kulturo v odnosih s svojimi kupci ter dobavitelji.

Poleg sposobnosti so pomembni tudi viri podjetja.

Kot prve omenimo proizvodne zmogljivosti, ki so bistvene, da določen izdelek sploh nastane. Zaradi vse večje zapletenosti končnih izdelkov postajajo tudi orodja oziroma izdelava orodij vse bolj zahtevna. Zato je pomembno, da orodjarna v skladu z začrtanim razvojem nenehno posodablja proizvodne zmogljivosti in sledi usmeritvam, ki vladajo na tem področju.

Pomemben vir konkurenčnosti so zaposleni. Ljudje so namreč tisti, ki z znanjem upravljajo. Še tako popolna oprema nima pomena, če ni ljudi, ki bi jo obvladovali. Zato je vlaganje v znanje, izpopolnjevanje in motiviranje vseh

command of deep-draw technology) is a basic precondition for obtaining a competitive advantage. The command of a specific technology is actually the knowledge that the toolmaker is selling on the market and as such represents one of the most distinguishing capabilities.

The next one is the command of information systems and computer software, a capability without which quality development would become unimaginable. At the same time the variety of products on the market often causes equipment-compatibility problems. Another important factor is the choice of appropriate information systems, as the electronic transmission of data has become the state of the art.

Another capability that is required by final-product manufacturers is the necessary R&D to develop a final product or a product component. Producers are looking for suppliers that are innovative, full of ideas and improvements, suppliers that are capable of dictating the course of development. Taking into account that in order to have R&D capability, not only in terms of tools development but also in terms of product development as a whole, the toolmaker needs to have a lot of knowledge and experience, adequate software, qualified staff and the necessary financial means, we can conclude that all these capabilities are closely linked and complement one another.

At a later stage the final-product manufacturers require from their suppliers competence in the fields of quality management and environmental issues. Thus, companies are producing different quality-assurance certificates as a kind of identity card in order to receive orders. Producers of final products trust these certificates as the suppliers only obtain them after verification by an independent certification agency. Supreme management of quality leads to business excellence. A company reaching this stage is mature enough to control itself, all of its employees are committed to progress. In other words, the companies are required to develop a business culture that is also manifested in their relationships with customers and suppliers.

In addition to capabilities an important factor is the resources of a company.

First, we should look at production capacities, which are essential in order for a certain product to be created in the first place. As final products become increasingly complex, the tools used in their production, as well as the toolmaking itself, become increasingly demanding. That is why companies are required to follow the trends in their field of operation and continuously improve and modernize their production capacities based on development plans.

Another important factor are human resources. A company needs to have employees who have the knowledge and know how to use it. Even the most sophisticated equipment will be useless without people to operate it. For this reason, investment in knowledge,

zaposlenih ena izmed bistvenih dolgoročnih nalog.

Poleg naštetega proizvajalci končnih izdelkov prenašajo vedno več finančnega bremena v razvoju na svoje dobavitelje. Tako se morajo orodjarne pripraviti tudi na zahteve po velikih kapitalskih vložkih.

Sposobnosti so za vse vloge enake, različna je stopnja razvitosti posamezne sposobnosti. Poglejmo si primer. Naslednja slika prikazuje razvoj sposobnosti obvladovanja informacijskih sistemov in računalniške programske opreme glede na posamezno vlogo (sl. 3).

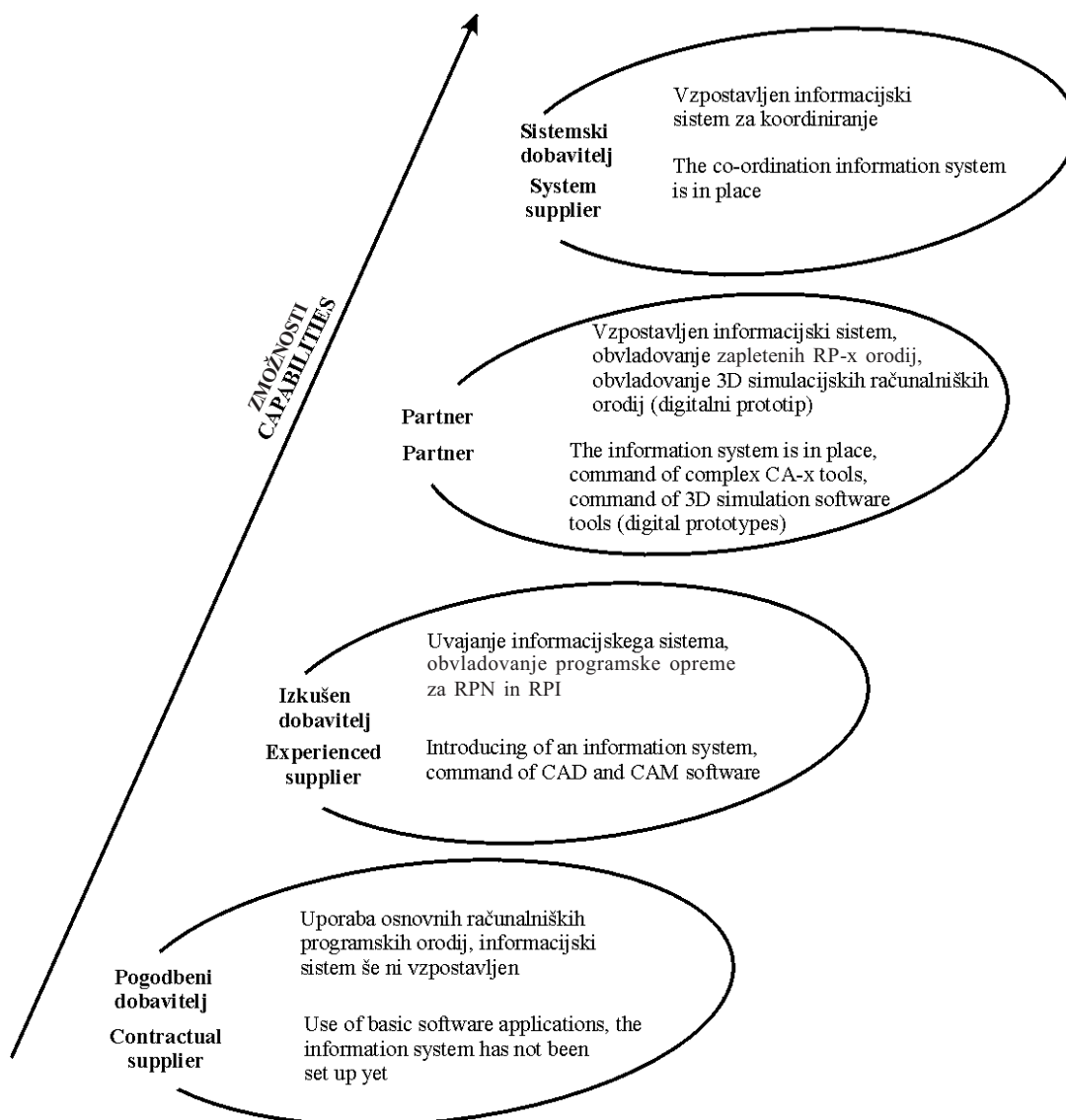
Razvitost sposobnosti narašča od vloge pogodbenega dobavitelja do vloge systemskega dobavitelja. Orodjarna kot pogodbeni dobavitelj praviloma še ni specializirana orodjarna. Znanje,

training and the motivation of employees, in the long run represents one of the most important tasks of a company.

In addition, the producers of final products are putting more and more of the financial burden for development onto their suppliers, so toolmakers also have to be prepared for major investments of capital.

Every role is determined by the same set of capabilities, with the difference created by the stage of development of a particular capability. Let us take an example. The following figure shows the development of capabilities in terms of the degree of command of information systems and computer software in relation to individual roles (Fig. 3).

As for the ranking of roles in relation to the stage of the development of capabilities, the lowest stage of development pertains to the role of a contractual supplier, the highest to the role of a system supplier.



Sl. 3. Razvitost sposobnosti glede na vlogo  
Fig. 3. The stage of capability development pertaining to the role

ki ga ima, je splošno, vendar na zadovoljivi ravni, ni pa sposobna izdelovati zapletenejših orodij ter tudi informacijska razvitost ter uporaba računalniške programske opreme je še v razvoju. Uspešnejše orodjarne pri njih iščejo nadomestne proizvodne zmogljivosti oziroma storitve v izdelovalnem pomenu, zato pa morajo zadostiti kakovostnim zahtevam. Običajno takšne orodjarne nimajo lastnega razvoja.

Vlogo izkušenega dobavitelja smo pripisali orodjarni, ki svojo prihodnost gradi na specializaciji za določeno tehnologijo obdelave in hkrati s tem uvaja vse potrebne tehnične pripomočke. Poleg tega ima orodjarna vzpostavljen ustrezen informacijski sistem.

Orodjarna kot partner je že ozko specializirana za določeno področje obdelave in s tem razvoja. Da ostane v tej vlogi, je prisiljena nenehno slediti razvojnim usmeritvam tako na tehnološkem področju kakor na področju programske in komunikacijske opreme. Poleg obvladovanja najrazličnejših RP-x orodij, mora obvladovati tudi navidezno inženirstvo oziroma 3D simulirno tehniko.

Orodjarna v vlogi systemskega dobavitelja ima, poleg že naštetega, vzpostavljen informacijski sistem za koordiniranje. Orodjarna v tej vlogi dobavlja sisteme orodij, pri čemer za izdelavo določenega števila orodij išče kompetentne partnerje. Za lažje komuniciranje med vsemi sodelujočimi mora imeti vzpostavljen ustrezen informacijski sistem, ki poleg ustrezne infrastrukture terja tudi veliko znanja.

#### 4 SKLEP

Predstavljeni prispevek obravnava pomen vključevanja dobaviteljev v razvoj novih izdelkov, saj zgodnje vključevanje dobaviteljev v razvoj novih izdelkov pomeni eno izmed možnosti za optimiranje procesa razvoja novega izdelka. Pri tem smo posebej izpostavili razvoj sposobnosti, ki so ključnega pomena, saj dobavitelji s svojimi sposobnostmi dokazujejo svojo kakovost in zanesljivost. Dobavitelji ne zadostijo potrebam in zahtevam svojih naročnikov na enak način, saj nimajo enako razvitih sposobnosti. Zaradi tega jim lahko glede na razvitost sposobnosti pripišemo vloge v dobavni verigi oziroma predstavljene vloge so odsev razvitih sposobnosti. Opisane sposobnosti niso nujno načrtovane, velikokrat se izoblikujejo zelo spontano. Vendar moramo poudariti, da razvoj ključnih sposobnosti traja določeno časovno obdobje in se praviloma nikoli ne konča.

Pri raziskovanju razvoja sposobnosti smo obravnavali podjetje kot samostojno enoto. V nadaljevanju raziskave se bomo osredotočili na razvoj sposobnosti v mrežnih organizacijah oziroma

Toolmakers who have not specialized yet will usually appear in the role of a contractual supplier. Their knowledge is satisfactory, yet general and still insufficient to produce more complex tools. They have not set up an information system yet and the use of software is still in the development stage. But as they are providing production capacities and production services for more successful toolmakers, they have to meet their requirements regarding quality. Such toolmakers usually do not have any development of their own.

The role of an experienced supplier belongs to toolmakers who are in the process of specializing in a specific processing technology and are, in parallel to this, acquiring the necessary technical competence. Such toolmakers have already set up an appropriate information system.

Toolmakers in the roles of partners already specialize in a specific area of processing and development. In order to keep this role they are forced to follow development trends in terms of technology as well as software and communication equipment. In addition to having command of the use of different CA-x tools they must also be competent in virtual engineering and 3D simulation techniques.

Toolmakers in the position of system suppliers have all the previously mentioned competencies as well as a coordination information system in place. Such toolmakers are supplying tool systems in collaboration with competent partners. In order to facilitate communication between the partners, system suppliers have to set up information systems, a task requiring not only infrastructure but also a lot of knowledge.

#### 4 CONCLUSION

This paper deals with the involvement of suppliers in new-product development, in particular the importance of their early involvement as a possible way of optimizing the new-product development process. Our study focused on the development of capabilities that play a crucial role in providing proof of quality and the reliability of suppliers. Of course, different suppliers cannot satisfy the needs and requirements of their clients in the same way as their capabilities differ in terms of the stage of their development. For this reason suppliers can be assigned different roles in the supply chain, with the role determined by the stage of the development of individual capabilities. In other words, the roles presented in this paper are a reflection of the different stages of capability development. The described capabilities need not always be the result of a planned development, quite often they are developed spontaneously. Nevertheless, we should point out that the key capabilities presented in this paper cannot be developed overnight and that the development of capabilities is a continuous process.

This study deals with the development of capabilities in companies as independent units. In the continuation of this research project we shall focus on

strateških zvezah med podjetji. Tako več ne govorimo toliko o dobavnih verigah, ki tekmujejo med seboj, ampak govorimo o mrežnih organizacijah, ki imajo določene dopolnilne sposobnosti in znanja. Na tak način se temelj konkurenčnosti seli z enega podjetja in pripadajočih dobavnih verig na nivo mrežne organizacije podjetij.

the development of capabilities in company networks or strategic company alliances. The subject will no longer be competing supply chains, but company networks characterized by particular complementary capabilities and knowledge. Thus the platform of competition will no longer be at the level of a single company with its supply chains, but will shift to the level of company networks.

## 5 LITERATURA 5 REFERENCES

- [1] Polajnar, A., B. Buchmeister, M. Leber (2001) Proizvodni menedžment, *Fakulteta za strojništvo*, Maribor.
- [2] Birou, L. M., S. E. Fawcett (1994) Supplier involvement in integrated product development: A comparison of US and European practices. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* Vol.24No.5, 4-14.
- [3] Zotteri, G., G. Spina, R. Verganti (2000) Factors influencing co-design adoption: drivers and internal consistency, *Operations Management "Crossing Borders and Boundaries: The Changing Role of Operations"*, *EurOMA Conference*, Ghent, 661-668.
- [4] Ragatz, G., R. B. Handfield, V. Scannell (1997) Success factors for integrating suppliers into new product development. *Journal of Product Innovation Management*. Vol.14, 190-202.
- [5] Kamath, R. R., J. K. Liker (1994) A second look at Japanese product development. *Harvard Business Review*, 155-170.
- [6] Clark, Kim B., T. Fujimoto (1991) Product development performance. *Boston, Harvard University Press*.
- [7] Mabert, V. A., J. F. Muth, R. W. Schmenner (1992) Collapsing new product development times: Six case studies. *Journal of Product Innovation Management*, 200-212.
- [8] Eisenhardt, K. M., B. N. Tabrizi (1994) Accelerating adaptive processes: Product innovation in the global computer industry. *Administrative Science Quarterly*, Vol. 40 No.1, 84-110.
- [9] LaBahn, D. W., R. Jr. Krapfel (1994) Early supplier involvement in new product development: A model of the supplier's perspective. *Pennsylvania State University Institute for the Study of Business Markets Report*, 12-19.
- [10] Gulati, R. (1995) Does familiarity breed trust? The implications of repeated ties for contractual choice in alliances. *Academy of Management Journal*, Vol. 38 No.1, 85-112.
- [11] Handfield, R. (1994) Effects of concurrent engineering on make-to-order products. *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 41 No. 4, 1-11.
- [12] Litter, D., F. Leverick, M. Bruce (1995) Factors affecting the process of collaborative product development: A study of U.K. manufacturers of information and communications technology products. *Journal of Product Innovation Management* 12(1), 16-23.
- [13] Dyer, J. H., W. G. Ouchi (1993) Japanese-style partnerships: Giving companies a competitive edge. *Sloan Management Review*, Vol. 35 No.1, 51-63.
- [14] Fulder, T. (2001) Integracija načrtovanja izdelkov in proizvodnje v podjetjih. *Magistrsko delo, Fakulteta za strojništvo*, Maribor.
- [15] Collis, D. J. (1994) Research note: How valuable are organizational capabilities? *Strategic Management Journal*, Vol. 15, 143-152.

Naslov avtorjev: mag. Tatjana Fulder  
prof.dr. Andrej Polajnar  
dr. Krsto Pandža  
Fakulteta za strojništvo  
Univerza v Mariboru  
Smetanova 17  
2000 Maribor

Authors' Address: Mag. Tatjana Fulder  
Prof.Dr. Andrej Polajnar  
Dr. Krsto Pandža  
Faculty of Mechanical Eng.  
University of Maribor  
Smetanova 17  
2000 Maribor, Slovenia

Prejeto:  
Received: 5.7.2001

Sprejeto:  
Accepted: 7.12.2001

## Analiza poškodb na površini orodja za tlačno litje nosilca iz aluminijeve zlitine AlSi9Cu3

### Damage Analysis on the Surface of Die Casting Die of Girder Made by Aluminium Alloy of AlSi9Cu3

Borut Kosec - Ladislav Kosec - Janez Kopač - Anton Škrinjar

*Na delovni površini orodja za tlačno litje nosilca iz zlitine AlSi9Cu3 so po manj ko tisoč ulitkih nastale razpoke, katerih odtisi se poznajo tudi na ulitkih.*

*Razpoke so bile odkrite in identificirane s penetranti, vidne pa so tudi že s povečevalnim steklom in nekatere celo s prostim očesom. Detajlno pa smo jih analizirali z neporušno metalografsko preiskavo z metodo replik.*

© 2001 Strojniški vestnik. Vse pravice pridržane.

**(Ključne besede: orodje livarska, litje tlačno, zlitine Al, analize poškodb)**

*On the surface of a casting die surface cracks appeared after less than one thousand casting cycles and caused in imprints on AlSi9Cu3 aluminium alloy girder castings.*

*The cracks were revealed and identified by the use of penetrants. They were clearly seen by the use of a magnifying glass and some of them even by the unaided eye. They were analysed in detail by the non-destructive metallographic examination by replicas method.*

© 2001 Journal of Mechanical Engineering. All rights reserved.

**(Keywords: die casting dies, aluminium alloys, damage analysis)**

#### 0 UVOD

Na aktivni delovni površini orodja za tlačno litje nosilca (sl. 1) iz zlitine AlSi9Cu3 so po manj ko tisoč ulitkih nastale v prehodih med dvema ravninama stene kalupa razpoke, katerih odtisi se poznajo na ulitkih. Razpoke na kalupu so bile odkrite in identificirane z uporabo penetrantov (sl. 1), vidne pa so tudi že s povečevalnim steklom, nekatere pa celo s prostim očesom.

Jeklo, iz katerega je izdelano orodje, je med najbolj pogostimi in upoštevanimi materiali za te vrste orodij. To je orodno jeklo za delo v vročem BOEHLER W300 ISODISC ([1], [2]), ki po svoji sestavi ustreza jeklu H11 po standardu ASTM [3], jeklu X40CrMoV5-1 [4] po DIN oziroma po tovarniški oznaki domačega proizvajalca Metal d.o.o., Ravne na Koroškem jeklu Utop Mo1 [5].

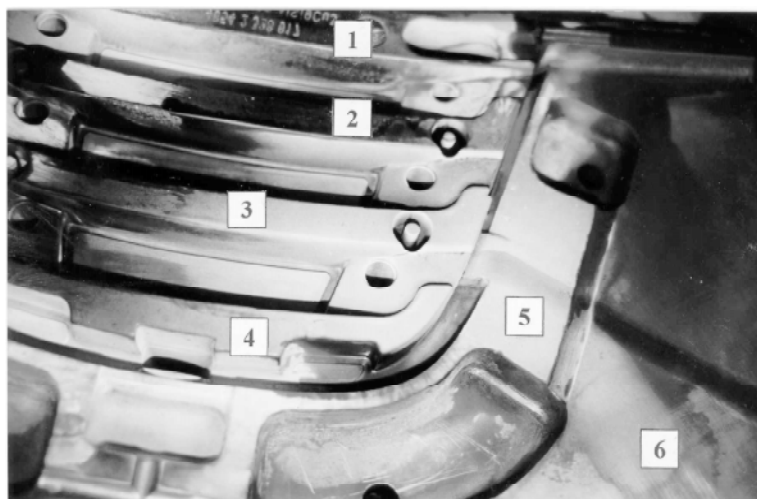
#### 1 EKSPERIMENTALNO DELO

Dostopne, konveksne dele zadnjega kalupa orodja, ki smo jih očistili z brusnimi papirji drobne granulacije (več od 500) in spolirali z diamantno pasto, smo pregledali z optičnim mikroskopom. Na teh mestih smo lahko s površine vzeli odtise s polimernimi folijami [6]. Vanje se odtisnejo tudi tako drobni detajli površine, kakršne so sestavine mikrostrukture. Odtisi omogočajo posredno opazovanje površine tako z optičnim kakor tudi z elektronskim mikroskopom (EM). Ta ima veliko globinsko ostrino in omogoča prostorsko sliko objekta. Mesta v krivini, kjer so nastale prve dolge razpoke, niso dostopna za poliranje s strojem, niti za opazovanje z mikroskopom. Konveksne oziroma večje ravne površine kalupa, ki smo jih lahko pripravili za opazovanje, so označene na sliki 1.

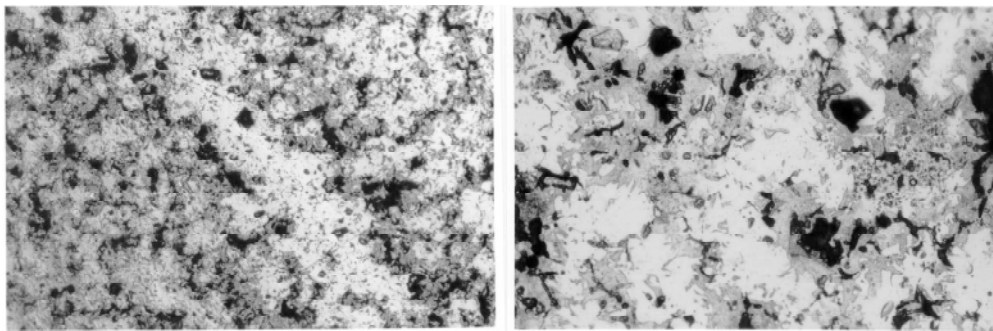
Preglednica 1. Kemična sestava jekla BOEHLER W300 ISODISC (v m. %) [2]

C	Si	Mn	Cr	Mo	V
0,38	1,1	0,4	5,0	1,3	0,4





Sl. 1. Površina zadnjega dela orodja za tlačno litje nosilca z označenimi mesti, ki smo jih pripravili za opazovanje po preiskavi s penetranti



Sl. 2. Površina orodja na polju 5; spremembe zaradi EEO; levo 50-kratna povečava, desno 200-kratna povečava



Sl. 3. Mikrostruktura na površini na polju 1; popuščeni martenzit; 200-kratna povečava

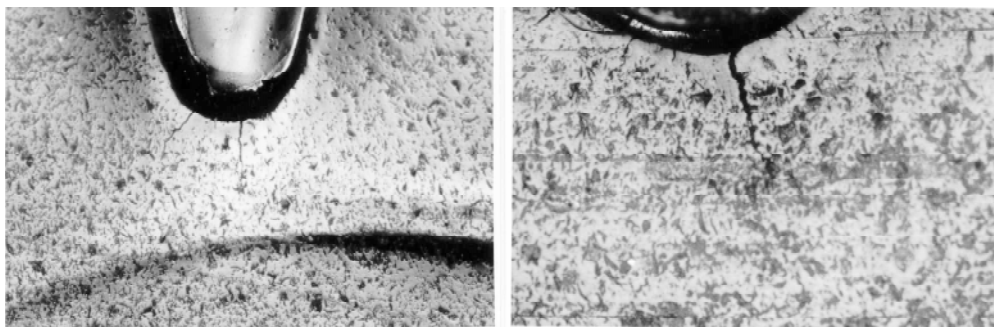
Površini 5 in 6 nista aktivni delovni površini kalupa. Pregledali smo ju zato, da bi ugotovili, po katerem od običajnih obdelovalnih postopkov je bilo orodje izdelano. Po obliki površine in mikrostrukturi jekla na površinah 5 (sl. 2) in 6 lahko sklepamo, da je bil kalup izdelan z elektroerozijsko obdelavo (EEO). Na teh delih površine so področja t.i. bele plasti in neravna reliefna površina s "kraterji".

Če je bil tudi aktivni del površine kalupa oblikovan z elektroerozijsko obdelavo, potem je bila s konveksnih delov orodja odstranjena plast jekla, prizadetega zaradi tega načina obdelave. Jamicam na teh površinah ne vemo zanesljivega izvora. V primeru,

da je bila površina elektroerozijsko obdelana, so to lahko ostanki neodstranjenih "kraterjev". Prav gotovo pa te jamice niso navaden ali pogost pojav na delovnih površinah orodij.

Na polju 1 (sl. 3) so najverjetneje z uporabo elektroerozije vrezani podatki o orodju, materialu obdelovanca, ipd.. Obrisi črk, številok in znakov so lepo zaokroženi. Na mnogih mestih iz teh znakov začnemo t.i. toplotni utrujenosti [7]. Najkrajše razpoke so dolge okoli 20  $\mu\text{m}$ , najdaljše pa blizu 200  $\mu\text{m}$  (sl. 4 in 5).

V primeru, da je bil aktivni del kalupa izdelan z EEO, je bilo treba z vse površine odstraniti



Sl. 4. Površinske razpoke in jamičasta površina na polju 1 ob oznakah; levo 50-kratna in desno 100-kratna povečava



Sl. 5. Razpoka na površini ob oznaki na polju 1; EM; 200-kratna povečava

poškodbe, ki pri taki obdelavi nastanejo v jeklu. Na konvexnih in ravnih delih to ni težko, težko pa je na konkavnih površinah oziroma kanalih, kjer se učinek tudi zelo težko nadzira. Če so na teh kritičnih mestih v prehodih ostali še ostanki zaradi elektroerozije poškodovanega jekla, se iz njih zelo hitro razvijajo poškodbe v obliki razpok. Za to lahko najdemo v strokovni literaturi zelo resna opozorila ([8] in [9]).

Razpoke iz oznak se najverjetneje prav tako razvijajo iz napak, nastalih pri njihovi izdelavi z elektroerozijo. Te razpoke bodo zelo hitro napredovale in bo prišlo v njihovi okolici do t.i. toplotnega razpokanja v obliki mreže [10].

## 2 SKLEP

Poškodbe orodij za tlačno litje aluminijevih zlitin so najpogosteje v obliki velikih razpok,

toplotnega razpokanja, razpokanja v ogljiščih, ostrih prehodih ali robovih in zaradi obrabe ali erozije. Za prve tri primere so odločilne napetosti, katerih viri so v načrtovanju in izdelovalnih tehnologijah ter v delovnih razmerah. Od naštetih štirih najbolj pogostih vrst poškodb bi poškodbe, opažene na preiskanem zadnjem kalupu orodja za tlačno litje nosilca iz aluminijeve zlitine  $AlSi9Cu3$ , lahko prištevali k začetku toplotnega razpokanja (ob oznakah) in razpokanju v ogljiščih, robovih in prehodih.

Nastanek razpok na orodjih za tlačno litje je praviloma posledica več hkratnih vplivov. Zato je poleg predlagane možnosti treba analizirati tudi druge mogoče vzroke, npr. optimalnost same konstrukcije orodja, zadostno višino in homogenost začetnega temperaturnega polja na aktivni delovni površini orodja [11] ter tudi same razmere pri delu.

### 3 LITERATURA

- [1] Lichtenegger, G., H. Schweiger, R. Breitler, H. Lenger (1998) Werkzeugstahl als unentbehrlicher Werkstoff für die Herstellung von Komponenten für die Verkehrstechnik, *BHM*, Vol. 143, No. 5, 169 - 174.
- [2] Böhler Edelmetallhandbuch auf PC V2.0, Kapfenberg (1996).
- [3] Richter, F. (1983) Physikalische Eigenschaften von Stählen und ihre Temperaturabhängigkeit, Mannesmann Forschungsbericht 930/1983, Stahl - Sonderberichte, Heft 10, *Verlag Stahleisen M.B.H.*, Düsseldorf.
- [4] STAHL-Eisen Werkstoffblätter (SEW) des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute, *Physikalische Eigenschaften von Stählen*, Düsseldorf (1992).
- [5] Jocić, B. (1996) Slovenska jekla 2: Jekla in železove zlitine, *Slovenske železarne d.d.*, Ljubljana.
- [6] Kosec, L., M. Kmetič, B. Arzenšek (1990) Neporušne metalografske preiskave s pomočjo replik, *Zbornik 3. Strokovnega posvetovanja: Neporušne metode za kontrolo materiala in izdelkov v sodobni proizvodnji*, Ljubljana, 251 - 259.
- [7] Suresh, S. (1996) Fatigue of materials, *Cambridge University Press*, Cambridge.
- [8] Kalpakjian, S. (1982) Tool and die failures - source book, *American Society for Metals*, Metals Park, Ohio.
- [9] Metals Handbook: Volume 11 - Failure analysis and prevention, *ASM*, Metals Park, Ohio.
- [10] Timmins, P.F. (1995) Fracture mechanisms and failure control for inspectors and engineers, *ASM International*, Materials Park, Ohio.
- [11] Kosec, B., B. Težak, L. Kosec, J. Kopač, J. Vojvodič Tuma (2000) Analiza temperaturnega polja na delovni površini orodja za tlačno litje z uporabo termografije, *Materiali in tehnologije*, Vol. 34, No. 6, 415 - 418.

Naslovi avtorjev: doc. dr. Borut Kosec  
prof. dr. Ladislav Kosec  
NTF - Oddelek za materiale in  
metalurgijo  
Univerza v Ljubljani  
Aškerčeva 12  
1001 Ljubljana

prof. dr. Janez Kopač  
Fakulteta za strojništvo  
Univerza v Ljubljani  
Aškerčeva 6  
1000 Ljubljana

Anton Škrinjar  
Tomos Alusuisse d.o.o.  
Šmarska cesta 4  
6000 Koper

Prejeto: 1.3.2000

Sprejeto: 7.12.2001

## Poročila

### Reports

#### Prof. dr. Zoran Rant in Tehnična univerza Braunschweig

Pred kratkim je v založbi Olms izšla knjiga *Geschichte der Verfahrenstechnik an der Technischen Universität Braunschweig*, Zgodovina procesne tehnike na Tehnični univerzi Braunschweig. Kakor že ime pove, gre za zgodovino te veje znanosti na univerzi v Braunschweigu, ki je tesno povezana s prof. Zoranom Rantom, dolgoletnim visokošolskim učiteljem na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani (1946-1962). V omenjeni knjigi so zapisani vsi pomembnejši mejniki v razvoju procesne tehnike na tej znani visoki šoli, opisana je zgodovina te veje znanosti, opisana in ponazorjena je ustanovitev inštituta za procesno tehniko in prikazana glavna težišča raziskovalnega dela. Knjiga je opremljena z zgodovinskimi fotografijami in pomembnejšimi raziskovalnimi rezultati. Na koncu je dodan spisek doktorandov in fotografije iz inštitutskega življenja.

Knjigi daje za nas poseben mik samostojno poglavje z naslovom "Zoran Rant", obširno poglavje, ki obsega skoraj 10 odstotkov celotnega besedila knjige. Tehniška univerza Braunschweig je s tem našemu prof. Rantu zagotovila častno mesto v svetovni zgodovini razvoja procesne tehnike.

Iz knjige, ta obsega 350 strani, izvemo, da je bil prof. Rant prvi profesor na Katedri za procesno in jedrsko tehniko, službo je nastopil 16.10.1962, predavati pa začel v zimskem semestru 1962/63. Profesor je ostal do svoje smrti 12.2.1972. Njegovi bližnji kolegi so bili med drugimi tudi zelo znani profesor termodinamike H. D. Baehr in še bolj znani profesor mehanike fluidov H. Schlichting. Prof. Rant pa ni bil samo ugleden pedagog in znanstvenik, aktivno je sodeloval tudi pri postavitvi novega inštituta, kar priča več fotografij, dopisov in načrtov



*Inštitut po obnovi leta 1991*

z njegovim lastnoročno napisanim komentarjem. Posloplje je bilo slovesno odprto 19.7.1965, pouk procesne tehnike, pa tedaj po zaslugi prof. Ranta, bistveno razširjen. Prof. Rant je lepo in vsestransko predstavljen kot znanstvenik, strokovnjak, pedagog in človek, v opisu ne manjka njegovo delovanje v Sloveniji in tedanji Jugoslaviji, omenjene so njegove publikacije, celo njegova knjiga "Termodinamika" v slovenskem jeziku. Avtor poglavja dr. J. Krey opisuje prof. Ranta kot praktika in tipičnega inženirja, šefa inštituta v Braunschweigu, visokošolskega pedagoga, cenjenega znanstvenika in iskričevega človeka. Pozoren bralec izve, da je bil prof. Rant ljubitelj narave, zagret planinec in smučar, odličen govornik in hudomušen sogovornik. Poznan je bil po svojih zdravicah, ki jih njegov dolgoletni sodelavec dr. J. Krey prisrčno imenuje "Rant-Rede". V knjigi ne manjka tudi obširen življenjepis Z. Ranta, ki ga je sestavil sam in ga imenoval "osebni prospekt". Posebno poglavje je posvečeno pojmom eksergija in anergija, ki ju je prof. Rant uvedel v svetovno zakladnico znanja o termodinamiki.



*Prof. Rant za svojo pisalno mizo*



*"Rant-Rede"*

Za slovenske bralce je knjiga pravo presenečenje, saj je pri nas dejavnost prof. Ranta na Tehnični univerzi Braunschweig komaj poznana. Velik ugled, ki ga naše gore list prof. Rant uživa v tujini, lepo ponazarja sestavek njegovega kolega prof. H. D. Baehra, v tistem času enega od najpomembnejših termodinamikov, z naslovom "Srečanja z Zoranom Rantom". Prof. dr. Zoran Rant je prav gotovo visokošolski učitelj, ki je ponesel ime naše univerze in naše fakultete daleč po svetu. Slovenija se mu je

leta 1964 oddolžila z imenovanjem za dopisnega člana Slovenske akademije znanosti in umetnosti, dunajska Tehniška visoka šola, kjer je leta 1926 diplomiral, pa z odlikovanjem "Johann-Joseph-Ritter-von-Prechtl-Medaille" leta 1970 in Društvo nemških inženirjev z zelo uglednim priznanjem "Arnold-Eucken-Medaille" leta 1971.

prof.dr. Matija Tuma



*Tehnična univerza Braunschweig*

### **Državne in evropske spodbude kot pospeševalec tehnološkega razvoja ter gospodarske rasti Slovenije in aktivna vloga slovenske industrije pri oblikovanju prijaznega okolja za razvoj**

Poročilo s konference Proizvodni menedžment, Portorož, september 2001

V Sloveniji se na temo tehnološkega razvoja v zadnjem času veliko dogaja na državni ravni (o tem obstaja kar nekaj dokumentov, sprejeta je nova strategija gospodarskega razvoja Slovenije, organizirana so srečanja gospodarstva in raziskovalnih institucij, pripravljata se nov državni raziskovalni program), neprestano se o tem govori v akademskih krogih (vendar lahko iz objav o tej temi ugotovimo, da še ni učinkovitih mehanizmov za prenos znanja in tehnologij), lahko pa se zgledujemo tudi po uspešnih primerih iz tujine (trenutno sta najbolj zanimiva finski in irski zgled). Kakor ugotavljamo že nekaj časa, je treba tudi v Sloveniji na področju tehnološkega razvoja narediti premik v smeri tega, kar tuji imenujejo »market demand pull-down«.

Glede na podatke Gospodarske zbornice Slovenije (GZS) slovenska industrija prispeva 32-odstotni delež v BDP ter 75-odstotni delež v celotnem slovenskem izvozu. Zato je tudi popolnoma razumljivo, da hoče industrija aktivno sodelovati pri oblikovanju državnih ukrepov, tako na področju vzpodbud tehnološkemu razvoju kakor vplivanju na učinkovitost sfere raziskovalno-razvojnne sfere (RR) ter izobraževalnih institucij. Vzpodbudno je to, da se glas industrije čedalje bolj sliši, da to ni več le golo, neproduktivno kritiziranje sedanjega stanja, ampak so to strokovni in argumentirani predlogi, namenjeni vladi in univerzam ter inštitutom.

Na to temo je že bilo organiziranih kar nekaj sestankov in srečanj na različnih ravneh, problem vseh teh pogovorov je bil največ v tem, da so bila to

v glavnem "prepričevanja prepričanih" in da se jih zastopniki industrije večinoma niso udeleževali. Dvodnevna konferenca s tematiko "državne in evropske spodbude kot pospeševalec tehnološkega razvoja ter gospodarske rasti Slovenije in aktivna vloga slovenske industrije pri oblikovanju prijaznega okolja za razvoj", ki je v organizaciji Gospodarskega vestnika (GV) - Izobraževanje potekala konec septembra v Portorožu, pa je bilo le nekoliko drugačno srečanje.

Na konferenci je predstavnik finske tehnološke agencije "TEKES" najprej opisal njihovo pot k uspešnosti in vlogo te agencije pri spodbujanju tehnološkega razvoja, predstavnik irske agencije za razvoj "Enterprise Ireland" pa njihov način komercializacije rezultatov raziskav in razvoja. V nadaljevanju je bil govor o pomenu inovacijskega kroga oziroma povezav znanosti in industrije, vlogi tehnološkega razvoja v okviru strategije gospodarskega razvoja Slovenije, stanju tehnološkega razvoja v Sloveniji in vladnih spodbudah za tehnološki razvoj. V povezavi z večanjem konkurenčne zmožnosti gospodarstva ob vstopu v EU pa se odpira vrsta vprašanj, nekatera je predstavil dr. Peter Stanovnik z Inštituta za ekonomske raziskave, o pomembnosti povezav zaposlovanja in tehnološkega razvoja pa je govoril Jože Glazer, Zavod za zaposlovanje RS.

Tehnološki zaostanek slovenskega gospodarstva je povezan z več dejavniki, to je vsekakor majhen prispevek razvojno raziskovalnega okolja, neuravnoveženosti delitve moči med tehnološko in marketinško elito, nizka vrednost socialnega kapitala v podjetjih in inovativne zmožnosti slovenske raziskovalno-razvojne dejavnosti in industrije (dr. Marko Kos). V prispevkih so bile predstavljene tudi nekatere možnosti za preobrat od zaostajanja Slovenije k dohitevanju Evropske skupnosti (dr. Uroš Stanič, dr. Peter Tancig, dr. Janez Tušek, dr. Cene Bavec, dr. Marko Jaklič).

V marcu 2001 je Urad za makroekonomske analize in razvoj pripravil predlog strategije gospodarskega razvoja Slovenije, po javni razpravi je strategijo sprejela tudi že vlada. Predstavljeni so bili nekateri bistveni poudarki te obširne strategije, ki je tako zaveza vlade za njeno delovanje v srednjeročnem obdobju kakor tudi vseh družbenih akterjev, ki sodelujejo pri gospodarskem razvoju Slovenije (dr. Janez Šuštaršič, Urad za makroekonomske analize in razvoj). Strategija je osnova za pripravo državnega razvojnega programa oziroma posameznih ukrepov ministrstev, tako na znanstvenem kakor tudi tehnološkem področju.

Glede na ta izhodišča je sledila predstavitev trenutnih spodbud slovenske znanosti in njeno sedanje stanje v povezavi z industrijskim razvojem in prenosom znanj iz akademske sfere v gospodarstvo (dr. Miloš Komac, MŠZŠ). Z reorganizacijo ministrstev

v letu 2001 pa je nastal tudi nov program spodbujanja konkurenčne sposobnosti slovenske industrije, predstavljen je bil sam program in mehanizmi pomoči (dr. Aleš Mihelič, Ministrstvo za gospodarstvo - MG). Razmerje med ustvarjalci znanja in njegovimi uporabniki v industriji so bila obravnavana tudi kot kritična stališča upravnega odbora GZS (mag. Miha Baebler).

Seveda pa je bilo najbolj zanimivo slišati mnenje tistih, katerim so vsi ti različni ukrepi namenjeni, to je slovenski industriji. Ker je bil poudarek konference predvsem na industrijskem pogledu na tehnološki razvoj, so bile predstavljene praktične izkušnje in razvojne poti nekaterih najuspešnejših slovenskih proizvodnih podjetij. Vsekakor pa je bila višek dogodka okrogla miza, na kateri so sodelovali direktorji nekaterih najuspešnejših slovenskih podjetij (Anton Papež - TCG Unitech, Aleš Nemec - Iskra Avtoelektrika, Marjan Mačkošek - Inexa Štore, Stojan Petrič - Kolektor Idrija), zastopniki MŠZŠ, MG, GZS, raziskovalcev, pa tudi številni udeleženci iz industrije. Tematski okvir okrogle mize "industrijska vizija tehnološkega razvoja podjetij v razmerah globalne konkurence, državna stališča in strategije" ni bil izbran naključno. Razmišljanja vodilnih strategov iz nekaterih najuspešnejših slovenskih podjetij o prihodnjem gospodarskem razvoju Slovenije so bila vsekakor zanimiva za vse tiste, ki se s podobnimi problemi dnevno ukvarjajo.

Po prejetih odzivih in podpori med samo konferenco lahko ugotovimo, da je bila uspešna. Če že ne toliko po številu udeležencev (pogrešali smo predvsem večjo udeležbo raziskovalno-razvojne in izobraževalne sfere), pa toliko bolj po zanimivi tematiki, aktivnemu delu in vključevanju udeležencev pa tudi zaradi zanimive in kritične razprave ob okrogli mizi. Bistvene vsebinske ugotovitve konference, ki naj bi bile po svoji pomembnosti tudi predlog ukrepov vladi in raziskovalno-razvojnimi institucijam, so:

- Finski in irski vzgled sta zanimiva, vendar industrija nima časa niti možnosti, da bi se ob tržnih pritiskih dovolj aktivno vključevala v oblikovanje podobnih postopkov. Pričakuje se, da bo država preoblikovala trenutne neučinkovite institucije, ki jih bodo vodili ljudje iz industrije, predvsem pa, da bo industrija odločala o razporejanju sredstev, namenjenih za tehnološki razvoj.
- Industrija ne potrebuje še ene agencije, ki bi le povečevala birokracijo. Zakonodaja in razmere v Sloveniji so drugačne kakor na Finskem, v industriji zato ne verjamejo, da bi bila nova posredniška agencija med industrijo in raziskovalno-razvojnimi institucijami kakorkoli drugačna od sedanjih, birokratskih in za industrijo nekoristnih državnih institucij. Sedanje mreže, pospeševalni centri, razvojni skladi in podobne

institucije le požirajo denar, ki bi ga lahko raziskovalci koristno uporabili za raziskave ali prenos znanja.

- Ni bilo sogovornikov z univerz, inštitutov, državnih institucij; dokler ne bo RR sfera pa tudi različne regionalne in razvojne agencije na trgu tako kakor industrija, jih pogledi in potrebe industrije ne bodo dovolj zanimali.
- O vsem tem so zastopniki industrije že veliko govorili, a se nič ne spremeni; industrija je vajena konkretnih in hitrih ukrepov, saj le tako lahko preživi v hudi svetovni konkurenci. Vladne institucije so preveč toge in politično obarvane, zato je bilo na konferenci tudi pričakovati soočenje različnih pogledov.
- Potreben je večji vpliv gospodarstva na vlado; skupno oblikovanje strategije razvoja, vladne institucije lahko uresničijo strategijo oziroma oblikujejo državni razvojni program le s sodelovanjem z industrijo, pri izdelavi nove strategije gospodarstvo ni sodelovalo in je tudi ne pozna, potrebne so spremembe razpisov vladnih projektov za podporo tehnološkemu razvoju, sooblikovanje raziskovalno-razvojnih programov, namenska poraba sredstev.
- Nujne so spremembe v organiziranju visokošolskega izobraževanja; gospodarstvo nima vpliva na oblikovanje študijskih programov, izobraževalne institucije se morajo bolj usmeriti k potrebam svojih kupcev, treba je vpeljati nove

vsebine študija in poenotiti sedanje vsebine, ki naj bi bile bolj ciljno naravnane glede na potrebe industrije, nujna je interdisciplinarnost, razmisliti je treba o tem, da bi fakultete vodili profesionalni menedžerji.

- Sprememba razmerja med znanostjo in industrijo; trenutni prenos znanja ni zadosten, znanost ne pozna dovolj potreb industrije, treba je uporabiti načela vrednosti izdelka za kupca, financirati in nagrajevati je treba najboljše raziskave in primere dobre prakse, sedanje ovrednotenje raziskovalnih programov je neustrezno.
- Univerze in inštituti naj konsolidirajo svoje raziskovalno-razvojne (RR) skupine za enotno, tržno nastopanje v industriji, število RR organizacij je preveliko, zaradi njihove neuskkljenosti, razdrobljenosti in neučinkovitosti je treba preoblikovati slovensko RR sfero. Razvojno-raziskovalni predlogi morajo imeti tržno odgovornega nosilca dela in usposobljenega sogovornika (podobno kakor predstavljeni industrijski primeri, oblikovanje systemskega dobavitelja). Oblikovati je treba skupno informacijsko infrastrukturo RR dejavnosti z bazo podatkov o ponudbi in zmožnosti obvladovanja znanja, opreme, kadrov itn.

za programsko-organizacijski odbor konference  
Dr. Slavko Dolinšek

## Strokovna literatura

### Professional Literature

#### Iz revij

#### IZ DOMAČIH REVIJ

##### Bioklimatske zgradbe, Ljubljana

2001, 6

- Novak, P., Medved, S.: Energetska prihodnost  
Šijanec Zavrl, M., Tomšič, M.: Energetsko učinkovita  
zasteklitev in okna  
Arkar, C., Tušar, D., Medved, S., Dolinar, J., Černe, P.,  
Štih, S., Ferjančič, R.: Velikopanelni solarni sistemi

##### EGES, Energetika, gospodarstvo in ekologija skupaj, Ljubljana

2001, 3

- Kitanovski, A., Poredoš, A.: Transport in akumulacija  
hladilne energije  
Žvokelj, B.: Novi gold  
Ali je potrebno sanirati dimnik po zamenjavi kotla  
(IKZ Haustechnik/BL/ZJ)  
Kvasič, T., Pegan, M.: Računalniško vodenje  
kogeneracijskega postrojenja  
Jerman, A., Čudina, M.: Poškodbe sluha - vzrok in  
posledice  
Voršič, J., Hanžič, A.: Gorivne celice za pogon  
avtomobilov in proizvodnjo električne energije

2001, 4

- Božiček, M., Čuk, D., Šverko, A., Savič, M., Saksida,  
E.: Vačevanje električne energije z uporabo  
frekvenčnih pretvornikov  
Nepovratne lopute in nepovratni ventili v sistemu  
ogrevanja  
Sagadin, E.: Izvirno prezračevanje - osnove in napotki  
za izbiro  
Uvod v klimatizacijo (2. del) (BL/ZJ)  
Smernice za prihranek energije - izkoristek AC  
motorjev/BARTEC VARNOST  
Warmč-Janville, B., Schink, K., Pelicand, J-Y.: Meritve  
propustnosti rokavic z uporabo instrumentalne  
toplotne in potne roke

##### Elektrotehniški vestnik, Ljubljana

2001, 2-3

- Potočnik, B., Zazula, D.: Ocenjevanje učinkovitosti  
algoritmov za segmentiranje slik  
Dobravec, T., Robič, B., Vilfan, B.: Izmenjava podatkov  
v računalniških omrežjih  
Potočnik, B., Škrjanc, I., Matko, D., Zupančič, B.:  
Samonastavljivi PI regulator na podlagi metode z  
relejskim preskusom  
Dolanc, G., Strmčnik, S., Petrovčič, J.: Vodenje procesa

selektivne katalitske redukcije s pomočjo regulacijskega  
sistema z vgrajenimi matematičnimi modeli

##### Les, Ljubljana

2001, 7-8

- Naglič, V.: Otopitev orodja za obdelavo in predelavo  
lesa (I. del)  
Pogačnik, B.: Ligna plus 2001, Novosti na področju  
rezil in orodja  
Potočnik, F.: Kako se kupuje razvoj?

2001, 9

- Naglič, V.: Otopitev orodja za obdelavo in predelavo  
lesa (II. del)

##### Materiali in tehnologije, Ljubljana

2001, 3-4

- Kunc, R., Prebil, I., Korelc, J., Rodič, T., Torkar, M.:  
Določanje snovnih lastnosti materiala za računanje  
nosilnosti velikih kotalnih ležajev z mehaniko  
poškodbe  
Erjavec, B., Šetina, J., Irmančnik-Belič, L.: Primerjava  
karakteristik ionizacijskih merilnikov s hladno  
katodo v ultra visokovakuumskega področju

2001, 6

- Lipičnik, B.: Učenje hitreje od izobraževanja  
Bizjak, F.: Tudi s standardi do boljšega vodenja

2001, 7

- Mayer, J.: Nastajanje celostnega pogleda - ključ za  
ustvarjalnost tima  
Potokar, F.: Učne navade in vedenje študentov  
Jus, B.: Vrednostna analiza v "Iskra-Avtoelektrika"

2001, 8

- Wechtersbach, R.: Ne me poučevati, pustite me, da  
se učim  
Urbančič, T.: Modeliranje in optimiranje človekove  
veščine  
Kosec, D., Jereb, E., Šmitek, B.: Informacijski sistem  
za elektronsko prijavo na govorilne ure

##### Varilna tehnika, Ljubljana

2001, 2

- Bračun, D., Možina J., Polajnar, I.: Možnosti uporabe  
laserske profilometrije pri uporavnem točkovnem  
varjenju  
Šumlaj, S.: Varilsko - cevarska dela na sekundarnih  
sistemih med zamenjavo uparjalnikov v NE Krško



## IZTUJHREVIJ

### Elektrotehnika, Zagreb

2000, 5-6

Boras, V., Berberović, S.: Numerička interpretacija vremensko-strujnih karakteristika zaštitnih uređaja

### KGH Klimatizacija - grejanje - hlađenje, Beograd 2001, 9

Stevanović, V.: Dinamičke promene pritiska u toplovodnim mrežama

Davidović, D., Stajić, Z.: Uperedna analiza dve metode proračuna dužine kapilarne cevi

Strommen, I., Bredesen, A.M., Eikevik, T., Neska, P., Pettersen, J., Arlien, R.: Hlađenje, klimatizacija i sistemi sa toplotnim pumpama - trendovi razvoja

### Tehnički vjesnik, Slavonski Brod

2000, 3, 4

Šimunović, G., Šuminović, K., Lujić, R.: Izbor optimalne varijante polaznog materijala

### CDA, Condizionamento dell'aria Riscaldamento Refrigerazione, Milano

2001, 7

Cellai, G., Carletti, C., Raffellini, G.: IAQ in ambiente ospedalliero

Lazzarin, R.M.: Il condizionamento dell'aria nel sud dell'Europa

Di Bella, A., Fellin, F., Tergolina, M., Zecchin, R.: L'emissione acustica in ambiente esterno

2001, 8

Serratto, A.: La valvola motorizzata rotativa a "6 vie"

2001, 9

Lazzarin, R.M.: Il condizionamento dell'aria nel sud dell'Europa

Russo, A.: Tipologie impiantistiche nei laboratori

### Engineering, Tallinn

2001, 7/2

Liiv, t., Liiv, U.: Saaremaa deep harbour layout design and computer simulation of the wave climate and sediment transport

2001, 7/3

Tomson, T., Hansen, M.: Seasonal wind stability on the west Estonian coast

Kõiv, T.-A., Toode, A.: Heat energy and water consumption in apartment buildings

### EPE, European Production Engineering, München

Künneht, T.: Optical 2D/3D Measuring techniques Compared

Schwarzenbach, P.: Laser cutting close to the optimum

### Forum - Technische Mitteilungen Thyssen Krupp, Düsseldorf

2001, 7

Humber, H., Brill, U.: WDISweb: Searching for the optimum material on the internet

Birkert, A., Leonhardt, S., Truetsch, K., Sünkel, R.: Hydroforming knowledge store

### HLH

### Heizung Lüftung/Klima Haustechnik, Düsseldorf 2001, 6

Böhm, G.: Drei Millionen Altkessel vor dem Aus?

Meier-Wiechert, G.: Brennwerttechnik spart auch im Gebäudebestand

Hartmann, M.: Anlagenhydraulik sichert Einsparpotenzial

2001, 7

Oschatz, B., Richter, W.: Energieeinsparung durch Brennwert- und Solartechnik oder bauseitigen Wärmeschutz?

Wolkenhauer, H.: Technische Grundlagen der solarunterstützten Klimatisierung

Sokollik, F., Bimbaum, V., Heibel, M.: Optimale Steuerung und Regelung von Klimaanlage - Teil 2

2001, 8

Oelschlägel, F.: Auswahl von Maschinen oder Apparaten bei unsicheren Ausgangsinformationen

Dammers, H.: Brandfrüherkennung und brandschutztechnische Systemlösungen

Jung, U., Karpenstein, W.: Anforderungen an Planung und Ausführung von MRA

2001, 9

Klaser, H.: Solarthermische Kälteerzeugung

Steinhoff, N.: Mobile Kälteerzeugung mit Luft als Kältemittel

Francke, D.: Heizkostenabrechnung nach geprüfem Abrechnungsmaßstab

Sperber, C.: Bewährte Heizkostenverteilung statt neue Vergleichsmessung

2001, 10

Schnauss, M., Schlicht, R., Drescher, CH., Schlott, S.: Kollektoren nicht wie Heizkörper anschließen

Wolkenhauer, H., Franzke, U., Hening, H.-M.: Systemkomponenten der solarunterstützten Klimatisierung - Teil 1

### IDR, Industrie Diamanten Rundschau, Willich

2001, 3

Ardelt, T.: Verfahrensvergleich Planschleifen mit Planetenkinematik - Planparallelläppen

Ng, E.-G., Aspinwall, D.K.: Hartbearbeitung von gehärtetem AISI H13-Stahl mit AMBORITE AMB90 - ein Modellansatz mit Hilfe der Finite Elemente Methode

**IDR, Industrial Diamond Review, Ascot****2001, 2**

- Hayes, D.: Diamond polishing of fibre optic cables  
 Garrard, R., Peacock, S.R., Hori, M., Pearce N.R.: The future role of diamond in the construction industry  
 Gerling, G.: Automation is changing the tool manufacturing process

**Journal of Theoretical and Applied Mechanics, Sofia****2001, 2**

- Nikolov, N.D., Nikolova, J.D., Bojinov, L.P.: Ultrafiltration of oil emulsions by pulsating pressure in a round channel  
 Ji-Huan He: Minimum energy principles and generalized variational principles of nonlinear piezoelectricity

**2001, 4**

- Vukov, G.Y.: Effect of the dynamic unbalance of the countershaft on the loading of the universal joint  
 Iliev, S.D.: Stick-slip behaviour of the liquid drops on an inclined plane: a numerical example  
 Panev, S., Siarras, G., Kisselkov, D.: About one problem of stability

**Renewable Energy World, London****2001, 4**

- Pollard, V.: Wind in Europe: Developments in the policy frameworks for wind energy  
 Beurskens, J., Hjulær Jensen, P.: Economics of wind energy: Prosepects in directions  
 Kwant, K.W.: Status of biomass gasification  
 Köttner, M.: Biogas in agriculture and industry - potentials, present use and perspectives

**Ocene knjig****Engeln-Müllgers/Schäfer/Trippler: Kompaktkurs  
Ingenieurmathematik**

Zal.: Carl Hanser Verlag München, Wien 2001.  
 Obseg: format 16 x 23 cm, 376 strani, 205 slik, 304 primeri in 151 nalog z rešitvami.  
 Cena je 39,80 DEM.

Knjiga obravnava klasična poglavja matematike, ki se predavajo na dodiplomskih tečajih na tehniških visokih šolah in fakultetah: števila, vektorji in analitična geometrija, linearna algebra, funkcije in krivulje, diferencialni in integralni račun, vrste, funkcije več spremenljivk, kompleksne funkcije, navadne diferencialne enačbe, verjetnostni račun in matematična statistika. Napisana je v preprostejšem matematičnem jeziku z obilico zgledov. Poglavja so sklenjena z manj zahtevnimi nalogami.

Zaradi svoje didaktične zgradbe je izredno primerna predvsem za študente visokih strokovnih šol in za samouke.

J. Petrišič

**Vladimir Drusany: VODENJE TVEGANJA V  
PODJETJU z ukrepi varnosti in zdravja pri delu,  
kakovosti, varovanja okolja**

Zal.: VZA-grafično oblikovanje, Logatec, 2001.  
 Obseg: format 17 x 23 cm, VI + 251 strani, 70 slik, 45 razpredelnice, 68 referenc.  
 Cena je 10.800 SIT.

Upravljanje (vodenje) podjetja ima mnogo segmentov. Poleg standardnih področij, to so finance, razvoj, proizvodnja, prodaja, je strojnikom že dalj časa

domače upravljanje kakovosti. Tudi skrb za varstvo pri delu in skrb za zdravo okolje v zadnjem času prerašča v upravljanje tega segmenta v podjetju, za katerega je zadolžen sam upravljalški vrh.

Dolgoletni profesor na visokošolskem strokovnem študijskem programu varstvo pri delu in požarno varstvo dr. Vladimir Drusany je napisal zelo aktualno knjigo z zgornjim naslovom, ki se z novega zornega kota loteva znane problematike varstva pri delu in varovanja zdravja zaposlenih. V vsem razvitem svetu je prevladalo prepričanje, da je za vrhunske strokovne in poslovne rezultate pomembno, kako se zaposleni počutijo med delom. Strah pred nezgodo in strah za zdravje na delovnem mestu nedvomno izniči vsak dober občutek. Dandanes mora biti najožje vodstvo vsakega podjetja zainteresirano za čim manjše še sprejemljivo tveganje pri delu. Knjiga VODENJE TVEGANJA V PODJETJU je naslonjena na najnovejše Direktive EU s področja varnosti in varovanja zdravja ter ponuja skozi devetnajst poglavij (naštejem samo začetna: 1. Vodenje tveganja pri delu, 2. Strategija zagotavljanja varnosti, 3. Varnost, 4. Socio-tehnični sistemi in varnost, 5. Področja ukrepanja, itn.) in sklep široko paleto metod, razmišljanj, ugotovitev in praktičnih nasvetov kot pomoč za postavitve učinkovitega sistema obvladovanja vseh vrst tveganja.

Novo knjigo VODENJE TVEGANJA V PODJETJU bo lahko s pridom uporabljal najprej upravljalški vrh podjetja, zatem vodje služb varstva pri delu in varovanja zdravja, pa tudi študentje visokošolskega strokovnega študijskega programa "Varstvo pri delu in požarno varstvo" ter študentje in diplomanti drugih tehničnih programov. Toplo jo priporočam.

J. Kramar

**Peter Becker: Prozessorientiertes  
Qualitätsmanagement**

Zal.: Expert Verlag GmbH, Renningen 2001.  
Obseg: format 15 x 21 cm, 115 strani, 19 slik, 5  
preglednic.  
Cena je 46 DEM.

Knjiga podaja pregled zahtev za procesno usmerjeno vodenje kakovosti, ki jih je za uvajanje novega ali prilagajanje sedanjega sistema vodenja kakovosti po novem standardu DIN EN ISO 9001 treba upoštevati. Ker je novi standard naravnan predvsem na obvladovanje procesov v podjetju, tu je mišljeno obvladovanje procesov na vseh treh stopnjah podjetja, to je na ravni upravljanja, vodenja in proizvodnje, standard ni več omejen zgolj na kakovost, ampak se povezuje tudi na zahteve vodenja zaščite okolja in varnosti dela.

Vsebina je zastavljena tako, da najprej predstavi zgradbo družine standardov ISO 9000 ter povezave s sorodnimi standardi, npr. s standardi družine QS 9000, VDA 6, ISO/TS 16949, HACCP, BS 7799-2:1999, ki osnovni standard dograjujejo za specifične zahteve posameznih vej, in zagotavljanje kakovosti v širšem kontekstu, kot npr. z modelom EFQM celovitega obvladovanja kakovosti.

Osrednji del knjige je posvečen vsebinski razlagi sicer suhoparnega standarda. Tu gre za

podrobno predstavitev štirih ključnih točk standarda, in sicer (1) odgovornosti vodstva, (2) vodenja virov, (3) realizacije izdelka ter (4) merjenja, analiz in izboljševanja.

Razvijalci sistema vodenja kakovosti v podjetju v besedilu lahko razberejo zahteve za identifikacijo, opis stanja in razvoj procesov ter postopke za izdelavo sistema samega. K opisu zahtev za sam sistem, je dodan tudi pregled zahtev in potek postopkov, ki so potrebni za pridobitev ustreznega certifikata za izdelan sistem vodenja kakovosti.

Knjiga je primerna za lastnike podjetij, za direktorje, za vodstveni kader ter za vse tiste, ki razvijajo, vodijo in vzdržujejo sistem vodenja kakovosti v podjetju. Knjiga je ustrezna tudi za laike, ki bi se radi spoznali z obravnavanjem kakovosti glede na relativno popularnost tematike. Tudi za te je knjiga primerno napisana. Knjigi manjka le kritičen pogled tako na stari standard kakor tudi na predstavljeno verzijo 2000. Po eni strani gre za to, da je odločitvena struktura splošnega podjetja trinivojska, kar se iz standarda ne razvidi, ter po drugi strani ni jasno razpoznavne povezanosti sistema vodenja kakovosti z osnovnim sistemom vodenja podjetja, ki obstaja v vsakem proizvodnem sistemu oz. v organizaciji.

A. Sluga

## Osebnosti vesti

### Personal Events

#### Stota obletnica rojstva pionirja slovenskega strojništva

#### Prof. Ing. Alberta Strune

Dne 17.8.2001 je minilo sto let od rojstva pionirja strojništva in rektorja Univerze v Ljubljani dr. h. c. inž. Alberta Strune, katerega odlične izvajalske sposobnosti s področij vodni stroji in mazanje so zaznamovale napredni razvoj študija strojništva, ureditev slovenske tehnične terminologije in uspešen razvoj slovenske industrije.

Albert Struna se je rodil leta 1901 kot sin železničarja v Mirni Peči. Maturiral je v Ljubljani, kjer je do leta 1920 študiral tehniko. Po prekinitvi študija, se je vpisal na češko tehniško visoko šolo v Brnu in tam leta 1923 diplomiral. Medtem ko je bil asistent, je začel sodelovati z različnimi podjetji. Sprva je postal konstruktor vodnih turbin v tovarni Breitfeld-Danek v Blanskem. Po vrnitvi v domovino se je zaposlil kot konstruktor in direktor pri Strojnih tovarnah in livarnah v Ljubljani. Med leti 1927 in 30 je bil tehnični obratovodja v Beograjski tekstilni industriji, od leta 1930 dalje je sodeloval pri Svenska Kullagerfabriken v Götteborgu, od 1933 pa pri Standard Oil Company. Nato je prevzel zastopstvo Mobil Oil. Leta 1938 je dobil licenco pooblaščenega inženirja strojne stroke.

Leta 1940 je Albert Struna začel honorarno predavati predmeta *Gradnja in teorija motornih vozil* in *Enciklopedija strojeslovja*. Po osvoboditvi mu je bil zaupan pomemben referat za tekoča goriva in mineralna olja, imenovan je bil za direktorja petrolejskega podjetja Jugopetrol v Ljubljani, med drugim pa je postal sodni izvedenec za avtomobilizem in sodni cenilec za strojno opremo delavnic. Leta 1946 je bil na Univerzi v Ljubljani izvoljen za rednega profesorja. V letih, ki so sledila, je bil profesor Struna funkcionar Zveze inženirjev in tehnikov SRS v Ljubljani, tehnični svetovalec Litostroja oziroma Petrola ter član strokovnega sveta Inštituta Tomos v Kopru in Turboinštituta v Ljubljani. Bil je predstojnik Terminološke komisije SAZU, načelnik njene Tehniške sekcije in član Društva strojnih inženirjev in tehnikov. Po upokojitvi je bil svetovalec pri Petrolu in vodil skupino zastopnikov posameznih ožjih tehničnih smeri.

Prof. Strunovo bibliografsko delo obsegajo številne publikacije v obliki strokovnih člankov, referatov in ocen s temami o vodnih strojih, tehniki trenja, obrabe in mazanja, o avtomobilizmu,



splošnem strojništvu, iz zgodovine tehnike ter tehnične terminologije. Njegove knjižne publikacije obsegajo delo *Avtomobili*, ki je izšlo v treh izdajah, *Mazanje strojev*, *Priročnik za mazanje vozil*, *Vodni pogoni na Slovenskem*, pri založbi ZIT je izdal *Naši znameniti tehniki* itn. Življenjsko delo prof. Strune je *Splošni tehniški slovar*, ki je izšel v dveh izvodih z obsegom nad 1200 strani, in sicer z namenom, da bi slovenski strokovni tehniški jezik očistili tujk. Za oblikovanje tehnične terminologije se je prof. Struna navdušil med študijem v

Brnu, ko je nanj vplival že mnogo prej razvit češki strokovni tehniški inventar. V Ljubljani je ob pomoči svoje žene začel zbirati tehnične termine, medtem ko se je sestavljanju slovarja podrobneje posvetil po upokojitvi. Pomembni so njegovi strokovni prevodi iz češčine, pri čemer ne smemo pozabiti omeniti, da je Albert Struna govoril tudi francosko, italijansko in nemško. Nastopal je na številnih posebnih simpozijih, na televiziji, gostoval v različnih institucijah in je bil vseskozi živo navzoč v slovenski tehniški javnosti.

Da je bil deležen velikega ugleda, potrjujejo tudi številna priznanja, saj mu je leta 1978 Univerza v Ljubljani podelila naslov zaslužnega profesorja za uspehe pri vzgojno-izobraževalnem in mentorskem delu. Za znanstvene prispevke je bil odlikovan ob Dnevu republike 1979 z rdečo zastavo. Ob dvajseti obletnici visokega šolstva v Mariboru mu je Univerza v Mariboru podelila častni doktorat.

Prof. Albert Struna je bil optimist, ki je bil sposoben prevzemati najtežje naloge z veliko odgovornostjo. K njegovi neizčrpnosti energiji so veliko prispevali njegovi somišljeniki, sodelavci, prijatelji pedagogi, študenti in znanstveniki, ki jih je s svojo intuicijo, življenjsko energijo in izkušnjami usmerjal pri reševanju realnih tehničnih problemov. Ko se oziram nazaj in skušam poiskati sled pionirja slovenskega strojništva, menim, da je prav to tisto, kar dandanes pogrešamo pri oblikovanju vsebine Univerze in strojne industrije v Sloveniji.

prof.dr. Brane Širok

## Novi vodstvi Fakultet za strojništvo v Ljubljani in Mariboru

Rektor Univerze v Ljubljani prof. dr. Jože Mencinger je na predlog Senata fakultete sprejel sklep o imenovanju **prof. dr. Matije Fajdige** za dekana Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani.

Dekan Fakultete za strojništvo v Ljubljani je v soglasju s Senatom imenoval prodekana za pedagoško delo **prof. dr. Janeza Gruma** in prodekana za znanstveno-raziskovalno delo **prof. dr. Janeza Možino**.

Zaradi upokojitve dekana **prof. dr. Adolfa Šostarja** je rektor Univerze v Mariboru prof. dr. Ludvik Toplak na predlog Senata fakultete sprejel sklep o imenovanju **prof. dr. Maksa Oblaka** za dekana Fakultete za strojništvo Univerze v Mariboru.

Kot prodekan za študijske zadeve ostaja **prof. dr. Jože Flašker** in kot prodekan za znanstveno-raziskovalne zadeve **prof. dr. Leopold Škerget**.

## Magisteriji, diplome

### MAGISTERIJI

Na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani so z uspehom zagovarjali svoja magistrska dela, in sicer:

*dne 5. septembra 2001: Robert Cvelbar*, delo z naslovom: "Prehodni pojav pri merjenju lezenja časovno odvisnih materialov";

*dne 7. septembra 2001: Aleš Lavrič*, delo z naslovom: "Karakterizacija procesa proizvodnje komutatorjev" in **Tomaž Katrašnik**, delo z naslovom: "Analiza dinamičnega procesa v dizelskem motorju in turbopuhalu".

S tem so navedeni kandidati dosegli akademsko stopnjo magistra tehničnih znanosti.

### DIPLOMIRALISO

Na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani so pridobili naziv univerzitetni diplomirani inženir strojništva:

*dne 10. septembra 2001: Aleš CEDILNIK*, Mihael KERMC, Patricija KOŠUTA, Robert KUSTER, Uroš OBLAK, Damjan PEČAR, Janko SLAVIČ.

Na Fakulteti za strojništvo Univerze v Mariboru so pridobili naziv univerzitetni diplomirani inženir strojništva:

*dne 27. septembra 2001: Matej BELAK*, David KLAKOČER, Boris MITENDORFER.

\*

Na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani so pridobili naziv diplomirani inženir strojništva:

*dne 13. septembra 2001: Jože AVSEC*, Aleš BAJDA, Sandro FAKIN, Martin HOSTNIK, Damjan KOZOLE, Mavricij KRBAVČIČ, Elvis KRULČIČ, Tomaž LAZNIK, Nevenka MAHNIČ, Romeo MATKOVIČ, Boštjan MENCINGER, Andrej PELICON, Miran PURGAR, Franko VIŽINTIN, Anton VRANIČAR, Damir VUKELIČ, Damjan ZUPANČIČ;

*dne 17. septembra 2001: Peter BOGATAJ*, Borut FALESKINI, Andraž GAŠPERLIN; Gregor GRUDNIK, Domen MIKULEC, Vinko MIŠMAŠ, Robert NOVAK, Igor PERDIH, Gabrijel ROŽIČ, Primož ŠARC, Andrej ŠUŠTAR, Gorazd ŽABKAR.

Na Fakulteti za strojništvo Univerze v Mariboru so pridobili naziv diplomirani inženir strojništva:

*dne 11. septembra 2001: Uroš OČKO*, Damijan ŠVAJNCER BUTINAR;

*dne 20. septembra 2001: Tomaž CUKJATI*, Amir ĐAMBIČ, Robert KLAKOČER, Aleš ROZMAN;

*dne 27. septembra 2001: Slavko FUJS*, Vincenc KNEZ, Marjan KOREZ, Albin LESKOVAR, Primož LONČAR, Peter MLAKAR, Branko MURŠIČ, Zlatko PASKA, Stojan PEČOVNIK, Klemen PLESTENJAK, Mihael ROBEK, Dejan STUDENČNIK, Leon ŽALIG.

\*

Na Fakulteti za strojništvo Univerze v Mariboru so pridobili naziv inženir strojništva:

*dne 27. septembra 2001: Matjaž AMON*, Branka REPNIK, Marko ROŽEJ.

## Navodila avtorjem

### Instructions for Authors

Članki morajo vsebovati:

- naslov, povzetek, besedilo članka in podnaslove slik v slovenskem in angleškem jeziku,
- dvojezične preglednice in slike (diagrami, risbe ali fotografije),
- seznam literature in
- podatke o avtorjih.

Strojniški vestnik izhaja od leta 1992 v dveh jezikih, tj. v slovenščini in angleščini, zato je obvezen prevod v angleščino. Obe besedili morata biti strokovno in jezikovno med seboj usklajeni. Članki naj bodo kratki in naj obsegajo približno 8 tipkanih strani. Izjemoma so strokovni članki, na željo avtorja, lahko tudi samo v slovenščini, vsebovati pa morajo angleški povzetek.

#### Vsebina članka

Članek naj bo napisan v naslednji obliki:

- Naslov, ki primerno opisuje vsebino članka.
- Povzetek, ki naj bo skrajšana oblika članka in naj ne presega 250 besed. Povzetek mora vsebovati osnove, jedro in cilje raziskave, uporabljeno metodologijo dela, povzetek rezultatov in osnovne sklepe.
- Uvod, v katerem naj bo pregled novejšega stanja in zadostne informacije za razumevanje ter pregled rezultatov dela, predstavljenih v članku.
- Teorija.
- Eksperimentalni del, ki naj vsebuje podatke o postavitvi preskusa in metode, uporabljene pri pridobitvi rezultatov.
- Rezultati, ki naj bodo jasno prikazani, po potrebi v obliki slik in preglednic.
- Razprava, v kateri naj bodo prikazane povezave in posplošitve, uporabljene za pridobitev rezultatov. Prikazana naj bo tudi pomembnost rezultatov in primerjava s poprej objavljenimi deli. (Zaradi narave posameznih raziskav so lahko rezultati in razprava, za jasnost in preprostejšo bralčevo razumevanje, združeni v eno poglavje.)
- Sklepi, v katerih naj bo prikazan en ali več sklepov, ki izhajajo iz rezultatov in razprave.
- Literatura, ki mora biti v besedilu oštevilčena zaporedno in označena z oglatimi oklepaji [1] ter na koncu članka zbrana v seznamu literature. Vse opombe naj bodo označene z uporabo dvignjene številke<sup>1</sup>.

#### Oblika članka

Besedilo naj bo pisano na listih formata A4, z dvojnimi presledkom med vrstami in s 3 cm širokim robom, da je dovolj prostora za popravke lektorjev. Najbolje je, da pripravite besedilo v urejevalniku Microsoft Word. Če uporabljate kakšen drug urejevalnik besedil, prosimo, da besedilo konvertirate v navadno ASCII (tekstovno) obliko. Hkrati dostavite odtis članka na papirju, vključno z vsemi slikami in preglednicami ter identično kopijo v elektronski obliki.

Prosimo, da ne uporabljate urejevalnika LaTeX, saj program, s katerim pripravljamo Strojniški vestnik, ne uporablja njegovega formata. V urejevalniku LaTeX oblikujte grafe, preglednice in enačbe in jih stiskajte na kakovostnem laserskem tiskalniku, da jih bomo lahko presneli.

Enačbe naj bodo v besedilu postavljene v ločene vrstice in na desnem robu označene s tekočo številko v okroglih oklepajih

#### Enote in okrajšave

V besedilu, preglednicah in slikah uporabljajte le standardne označbe in okrajšave SI. Simbole fizikalnih veličin v besedilu pišite poševno (kurzivno), (npr.  $v$ ,  $T$ ,  $n$  itn.). Simbole enot, ki sestojijo iz črk, pa pokončno (npr.  $\text{ms}^{-1}$ , K, min, mm itn.).

Papers submitted for publication should comprise:

- Title, Abstract, Main Body of Text and Figure Captions in Slovene and English,
- Bilingual Tables and Figures (graphs, drawings or photographs),
- List of references and
- Information about the authors.

Since 1992, the Journal of Mechanical Engineering has been published bilingually, in Slovenian and English. The two texts must be compatible both in terms of technical content and language. Papers should be as short as possible and should on average comprise 8 typed pages. In exceptional cases, at the request of the authors, speciality papers may be written only in Slovene, but must include an English abstract.

#### The format of the paper

The paper should be written in the following format:

- A Title, which adequately describes the content of the paper.
- An Abstract, which should be viewed as a miniversion of the paper and should not exceed 250 words. The Abstract should state the principal objectives and the scope of the investigation, the methodology employed, summarize the results and state the principal conclusions.
- An Introduction, which should provide a review of recent literature and sufficient background information to allow the results of the paper to be understood and evaluated.
- A Theory
- An Experimental section, which should provide details of the experimental set-up and the methods used for obtaining the results.
- A Results section, which should clearly and concisely present the data using figures and tables where appropriate.
- A Discussion section, which should describe the relationships and generalisations shown by the results and discuss the significance of the results making comparisons with previously published work. (Because of the nature of some studies it may be appropriate to combine the Results and Discussion sections into a single section to improve the clarity and make it easier for the reader.)
- Conclusions, which should present one or more conclusions that have been drawn from the results and subsequent discussion.
- References, which must be numbered consecutively in the text using square brackets [1] and collected together in a reference list at the end of the paper. Any footnotes should be indicated by the use of a superscript<sup>1</sup>.

#### The layout of the text

Texts should be written in A4 format, with double spacing and margins of 3 cm to provide editors with space to write in their corrections. Microsoft Word for Windows is the preferred format for submission. If you use another word processor, please convert to normal ASCII (text) format. One hard copy, including all figures, tables and illustrations and an identical electronic version of the manuscript must be submitted simultaneously.

Please do not use a LaTeX text editor, since this is not compatible with the publishing procedure of the Journal of Mechanical Engineering. Graphs, tables and equations in LaTeX may be supplied in good quality hard-copy format, so that they can be copied for inclusion in the Journal.

Equations should be on a separate line in the main body of the text and marked on the right-hand side of the page with numbers in round brackets.

#### Units and abbreviations

Only standard SI symbols and abbreviations should be used in the text, tables and figures. Symbols for physical quantities in the text should be written in Italics (e.g.  $v$ ,  $T$ ,  $n$ , etc.). Symbols for units that consist of letters should be in plain text (e.g.  $\text{ms}^{-1}$ , K, min, mm, etc.).

Vse okrajšave naj bodo, ko se prvič pojavijo, napisane v celoti v slovenskem jeziku, npr. časovno spremenljiva geometrija (ČSG).

### Slike

Slike morajo biti zaporedno oštevilčene in označene, v besedilu in podnaslovu, kot sl. 1, sl. 2 itn. Posnete naj bodo v kateremkoli od razširjenih formatov, npr. BMP, JPG, GIF. Za pripravo diagramov in risb priporočamo CDR format (CorelDraw), saj so slike v njem vektorske in jih lahko pri končni obdelavi preprosto povečujemo ali pomajšujemo.

Pri označevanju osi v diagramih, kadar je le mogoče, uporabite označbe veličin (npr.  $t$ ,  $v$ ,  $m$  itn.), da ni potrebno dvojezično označevanje. V diagramih z več krivuljami, mora biti vsaka krivulja označena. Pomen oznake mora biti pojasnjen v podnapisu slike.

Vse označbe na slikah morajo biti dvojezične.

Za vse slike po fotografskih posnetkih je treba priložiti izvorne fotografije ali kakovostno narejen posnetek. V izjemnih primerih so lahko slike tudi barvne.

### Preglednice

Preglednice morajo biti zaporedno oštevilčene in označene, v besedilu in podnaslovu, kot preglednica 1, preglednica 2 itn. V preglednicah ne uporabljajte izpisanih imen veličin, ampak samo ustrezne simbole, da se izognemo dvojezični podvojitvi imen. K fizikalnim veličinam, npr.  $t$  (pisano poševno), pripišite enote (pisano pokončno) v novo vrsto brez oklepajev.

Vsi podnaslovi preglednic morajo biti dvojezični.

### Seznam literature

Vsa literatura mora biti navedena v seznamu na koncu članka v prikazani obliki po vrsti za revije, zbornike in knjige:

- [1] Tarng, Y.S., Y.S. Wang (1994) A new adaptive controller for constant turning force. *Int J Adv Manuf Technol* 9(1994) London, pp. 211-216.
- [2] Čuš, F., J. Balič (1996) Rationale Gestaltung der organisatorischen Abläufe im Werkzeugwesen. *Proceedings of International Conference on Computer Integration Manufacturing*, Zakopane, 14.-17. maj 1996.
- [3] Oertli, P.C. (1977) Praktische Wirtschaftskybernetik. *Carl Hanser Verlag*, München.

### Podatki o avtorjih

Članku priložite tudi podatke o avtorjih: imena, nazive, popolne poštne naslove, številke telefona in faksa ter naslove elektronske pošte.

### Sprejem člankov in avtorske pravice

Uredništvo Strojniškega vestnika si pridržuje pravico do odločanja o sprejemu članka za objavo, strokovno oceno recenzentov in morebitnem predlogu za krajšanje ali izpopolnitev ter terminološke in jezikovne korekture.

Avtor mora predložiti pisno izjavo, da je besedilo njegovo izvirno delo in ni bilo v dani obliki še nikjer objavljeno. Z objavo preidejo avtorske pravice na Strojniški vestnik. Pri morebitnih kasnejših objavah mora biti SV naveden kot vir.

Rokopisi člankov ostanejo v arhivu SV.

Vsa nadaljnja pojasnila daje:

Uredništvo  
STROJNIŠKEGA VESTNIKA  
p.p. 197/IV  
1001 Ljubljana  
Telefon: (01) 4771-757  
Telefaks: (01) 2518-567  
E-mail: strojniksi.vestnik@fs.uni-lj.si

All abbreviations should be spelt out in full on first appearance, e.g., variable time geometry (VTG).

### Figures

Figures must be cited in consecutive numerical order in the text and referred to in both the text and the caption as Fig. 1, Fig. 2, etc. Figures may be saved in any common format, e.g. BMP, GIF, JPG. However, the use of CDR format (CorelDraw) is recommended for graphs and line drawings, since vector images can be easily reduced or enlarged during final processing of the paper.

When labelling axes, physical quantities, e.g.  $t$ ,  $v$ ,  $m$ , etc. should be used whenever possible to minimise the need to label the axes in two languages. Multi-curve graphs should have individual curves marked with a symbol, the meaning of the symbol should be explained in the figure caption.

All figure captions must be bilingual.

Good quality black-and-white photographs or scanned images should be supplied for illustrations. In certain circumstances, colour figures may be considered.

### Tables

Tables must be cited in consecutive numerical order in the text and referred to in both the text and the caption as Table 1, Table 2, etc. The use of names for quantities in tables should be avoided if possible: corresponding symbols are preferred to minimise the need to use both Slovenian and English names. In addition to the physical quantity, e.g.  $t$  (in Italics), units (normal text), should be added in new line without brackets.

All table captions must be bilingual.

### The list of references

References should be collected at the end of the paper in the following styles for journals, proceedings and books, respectively:

- [1] Tarng, Y.S., Y.S. Wang (1994) A new adaptive controller for constant turning force. *Int J Adv Manuf Technol* 9(1994) London, pp. 211-216.
- [2] Čuš, F., J. Balič (1996) Rationale Gestaltung der organisatorischen Abläufe im Werkzeugwesen. *Proceedings of International Conference on Computer Integration Manufacturing*, Zakopane, 14.-17. maj 1996.
- [3] Oertli, P.C. (1977) Praktische Wirtschaftskybernetik. *Carl Hanser Verlag*, München.

### Author information

The following information about the authors should be enclosed with the paper: names, complete postal addresses, telephone and fax numbers and E-mail addresses.

### Acceptance of papers and copyright

The Editorial Committee of the Journal of Mechanical Engineering reserves the right to decide whether a paper is acceptable for publication, obtain professional reviews for submitted papers, and if necessary, require changes to the content, length or language.

Authors must also enclose a written statement that the paper is original unpublished work, and not under consideration for publication elsewhere. On publication, copyright for the paper shall pass to the Journal of Mechanical Engineering. The JME must be stated as a source in all later publications.

Papers will be kept in the archives of the JME.

You can obtain further information from:

Editorial Board of the  
JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING  
P.O.Box 197/IV  
1001 Ljubljana, Slovenia  
Telephone: +386 (0)1 4771-757  
Fax: +386 (0)1 2518-567  
E-mail: strojniksi.vestnik@fs.uni-lj.si