

## Mehatronizacija tehnoloških procesov z didaktičnih vidikov

### Mechatronicisation of Technological Processes from Didactic Aspects

Gorazd Rakovec  
gorazd.rakovec@siol.net

#### Povzetek

*Klasičen način poučevanja pričenja najprej s podajanjem temeljnih zakonov in se nadaljuje z njihovo sintezo v teorijo obravnavanega področja – v našem primeru mehatronizacijo tehnoloških procesov. Pristop, ki poudarja strokovne vidike, pa pričenja poučevanje kompetenc z analizo praktičnega primera, ki ga razčlenjuje in abstraktno pogloblja vse do ciljne teorije, ki jo želi obravnavati. Študent pride do teorije po obratni poti – z analizo primera - namesto s sintezo osnovnih abstraktnih zakonov. Njegove pridobljene kompetence zato ne temeljijo na abstraktnih neoprijemljivih pojmi, temveč na zaznavah v fizičnem svetu. Študent spozna isto teorijo, le da so njeni temelji na trdnih tleh fizičnega sveta, zato teorijo tudi lažje uporablja v praksi. Na ta način se tudi skrajša uvajalno obdobje študentov, ki pridejo iz šole na delo v industrijo.*

Ključne besede: poučevanje kompetenc, mehatronika, tehnološki procesi, nadzorni sistemi, didaktični sistem, analiza primerov

#### Abstract

*Classical way of lecturing begins with teaching of basical laws continuing with their synthesis to theory of basic field – mechatronicisation of technological processes in our case. The approach from the professional side begins lecturing with the analysis of practical case which is analysed to the final theory. The student learn the theory with the case analyse instead of synthesis of abstract basic laws. His competences are based on physical cases instead of abstract ideas. The student learns the same theory, but the fundamentals of knowledge are of physical nature and the theory is usable in the practice. The probation time of students which finished the study and start working in industry is much shorter.*

Keywords: teaching competences, mechatronics, technological processes, monitoring systems, didactical system, case study

# 1 Uvod

Obdelovalni tehnološki procesi, s katerimi izdelujemo kosovne izdelke v proizvodnih podjetjih (Peklenik, 1981), večinoma temeljijo na očem nevidnih veličinah, kot so: sila, tlak, temperatura, ipd. Z dodajanjem senzorjev z elektronskimi merilno-nadzornimi sistemi (Alciatore, 2007) k mehanskim procesom izvedemo mehatronizacijo procesov (Bishop, 2002; Schiessle, 2002) in dobimo vidne in izmerjene veličine na ekranu, ki jih nadzorni sistem predela v elektronske podatke in jih posreduje v informacijski sistem, nakar se izvede še informatizacija tehnoloških procesov. Izmerjeni podatki na ekranu so operaterju osnova za odločanje, ki na podlagi novih podatkov razmišlja z dimenzijo več v glavi in vse dela za stopnjo kakovostneje.

Pojavi se vprašanje, kako didaktično prikazati tak sistem študentom. Pedagoški pristopi s strokovnih vidikov poudarjajo poučevanje teoretičnih osnov s pričetkom na primeru iz prakse, ki ga analiziramo tako, da pridemo do želene teorije. Tako študent pride do teorije z analizo dejanskega primera namesto klasičnega poučevanja, ki začne razlagati najprej osnovne zakone, potem pa s sintezo le-teh zgradi strokovno teorijo. Njegove pridobljene kompetence zato ne temeljijo na abstraktnih neoprijemljivih pojmi, temveč na zaznavah v fizičnem svetu. Ker z analizo praktičnih primerov spozna zgradbo in povezave delov, se zato lažje nauči sintetizirati in kasneje graditi in nadgrajevati sisteme v optimalno celoto. To pomeni, da zna naučeno snov bolje uporabljati v praksi.

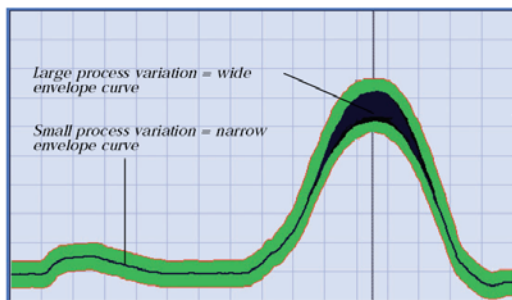
## 2 Demonstracija celega didaktičnega sistema z vgrajenim obravnavanim podsistemom

Glede na to, da izhajamo iz celovitega praktično obstoječega mehatronskega sistema iz industrije, je najbolje, če ima šola tak sistem. V primeru dragih mehatronskih strojev pa si lahko pomagamo s cenejšim didaktičnim sistemom, ki je pomanjšan, a opravlja glavne funkcije enako kot pravi sistem v proizvodnji. Najprej sledi demonstracija na didaktičnem sistemu (Brankamp, 2010) za preskušanje mehatroniziranega tehnološkega procesa (Slika 1). Študenti še ne poznajo podrobnosti sistema, zato predavatelj na kratko obrazloži bistvene dele, pokaže in demonstrira delovanje. Pri tem si študenti ustvarijo sliko delujoče celote. Druga enota z leve na Sliki 1 je model mehanske stiskalnice z vgrajenimi senzorji sile (Bill, 2002), ki merijo spremembo sile procesa stiskanja z gnanim ekscentrom. Na desni strani je ojačevalec, v katerega so speljani signali senzorjev. Tretji z leve je z ojačevalcem povezan nadzorni sistem Brankamp B400, ki nariše krivuljo sile na ekran in izračuna ter postavi tudi meje po celi krivulji. Levo od B400 je PC računalnik s programi za analizo proizvodnih procesov. Ob prekoračitvi ovojne krivulje nadzorni sistem ustavi model stroja. Seveda je v sistemu vgrajenih desetine funkcij in programov za analizo in nadzor tehnološkega procesa, kar omogoča v nadaljevanju izvedbo obsežnih vaj z eksperimentiranjem in učenjem mnogih za prakso pomembnih podrobnosti.



Slika 1: Didaktični sistem za nadzor mehatroniziranega tehnološkega procesa

Primer industrijskega nadzornega merilnega sistema tehnoloških procesov z izmerjeno krivuljo procesa in mejami ovojne krivulje je prikazan na sliki 2.

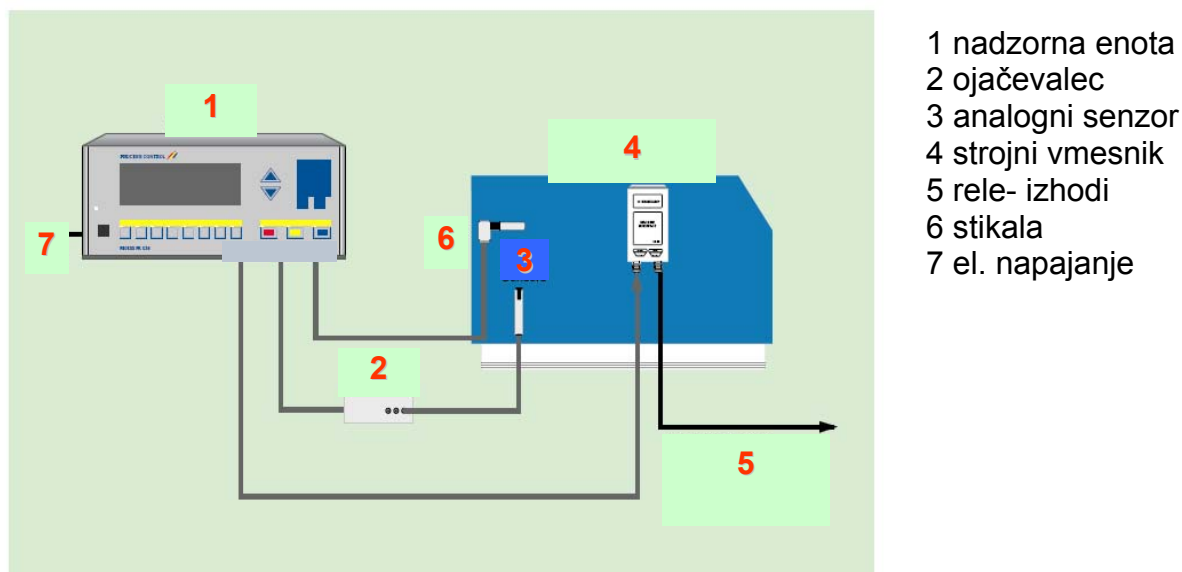


Slika 2: Primer izmerjene analogne krivulje tehnološkega procesa in nadzorni procesni sistem Brankamp

Ko študent spozna celoten sistem, se mu porajajo mnoga vprašanja, na katera dobi odgovore v nadaljevanju teoretičnih predavanj ob demonstracijskem delovanju sistema seveda.

### 3 Mehatronska nadgradnja stroja na shematski vezalni shemi

V praksi lahko povečamo stopnjo mehatronizacije vsakega obdelovalnega stroja tako, da ga nadgradimo z merilnim nadzornim sistemom. Sama nadgradnja je prikazana na shematski vezalni shemi na Sliki 3. Ta shema že prikazuje več bistvenih komponent in pa njihove povezave s strojem brez obremenjujočih podrobnosti.

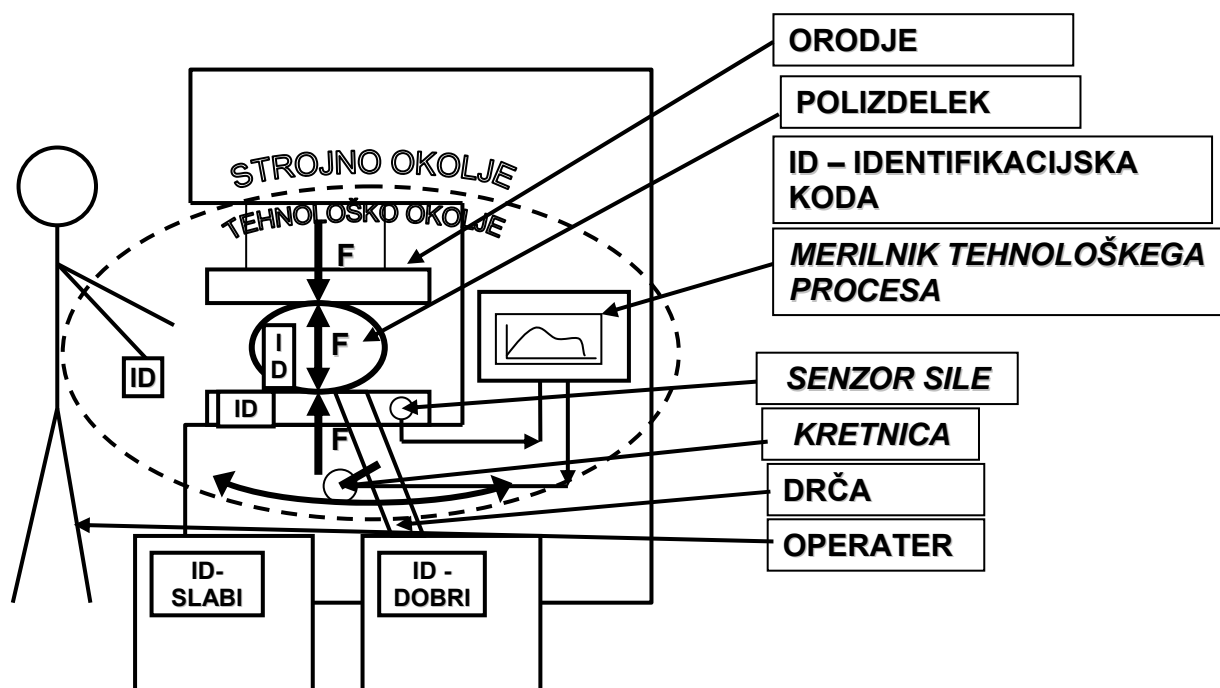


Slika 3: Primer shematske vezalne sheme mehatronskega procesnega sistema

Bistvo nadzornega sistema je v tem, da z analognimi senzorji meri tehnološki proces na stroju (Kirchheim, 2004, 2001; Scheer, 1999) tako, da na ekranu nariše krivuljo procesa (Slika 2), ki postane vidna operaterju. Z nastavljenimi mejami po procesu – krivulji pa nadzira odstopanja procesov in ob prekoračitvi meje preko izhodnih relejev (Slika 3) avtomatsko sproži hitro ustavitev stroja, alarm, aktuatorje sortiranja, delovanje drugih podsistemov za: streženje, mazanje, izpihavanje, ipd.

#### 4 Didaktična oblikovna shema tehnološkega mehatronskega sistema

Eno prvih didaktičnih vprašanje je, kako prikazati očem nevidni tehnološki proces. Sila kot glavna mehanska procesna veličina je očem nevidna. Nevidni tehnološki proces je interakcija vidnih dejavnikov. Torej dejavnike tehnološkega procesa lahko narišemo na oblikovni shemi (Slika 4). Oblikovna shema je prva stopnja abstrakcije po predstavitvi pravega delujočega didaktičnega sistema. Predmeti so narisani proporcionalno z nakazano bistveno in nekoliko poenostavljeno obliko.

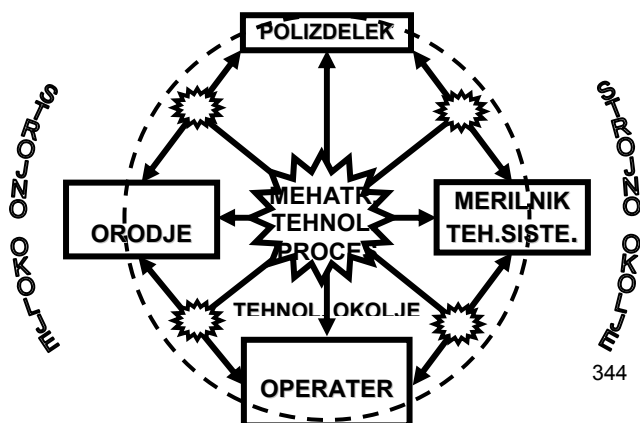


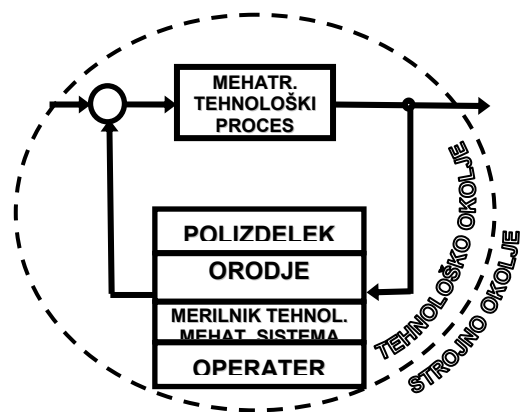
Slika 4: Oblikovna shema mehatronskega tehnološkega sistema

Osnovni dejavniki, ki vplivajo na tehnološki proces (Slika 4), so: orodje, polizdelek, senzor sile z merilnikom tehnološkega procesa, operater, tehnološko okolje, v katerem se izvaja proces in širše strojno okolje. Gledano v okviru fizikalnih zakonov gre za 3. Newtonov zakon mehanskih procesov: akcija-reakcija, ki pa ga v dejanski tehnološki nadgradnji nadzira in vodi operater z orodjem. V tehnološkem procesu od elektronskih sistemov sodeluje neposredno samo senzor sile, ki zajema del energije procesa in jo pretvarja v električno veličino, ki jo izmeri in prikaže elektronski nadzorni sistem. Na ekranu prikazane veličine procesa so operaterju osnova za upravljanje procesa. Proces vsebuje mehanske in elektronske podprocese in je zato mehatronski. Celoten sistem vseh dejavnikov (Slika 4) pa je mehatronski tehnološki sistem.

## 5 Didaktična blokovna shema

Za postavljanje teorij in definicij pa je treba povečati stopnjo abstraktnosti. Zato osnovne elemente, ki smo jih z analizo izločili iz oblikovne sheme, prikažemo v blokovni shemi (Slika 5 levo), kjer so dejavniki procesa risani brez oblike, abstraktno v pravokotnikih, njihovo medsebojno delovanje pa prikazujejo dvosmerne puščice v smislu akcije-reakcije, vendar ne samo Newtonove, temveč širše tehnološke mehatronske interakcije. Vse posamezne interakcije, ki so prikazane z dvosmernimi puščicami, so združene v eno skupno interakcijo imenovano mehatronski tehnološki proces v središču sistema.



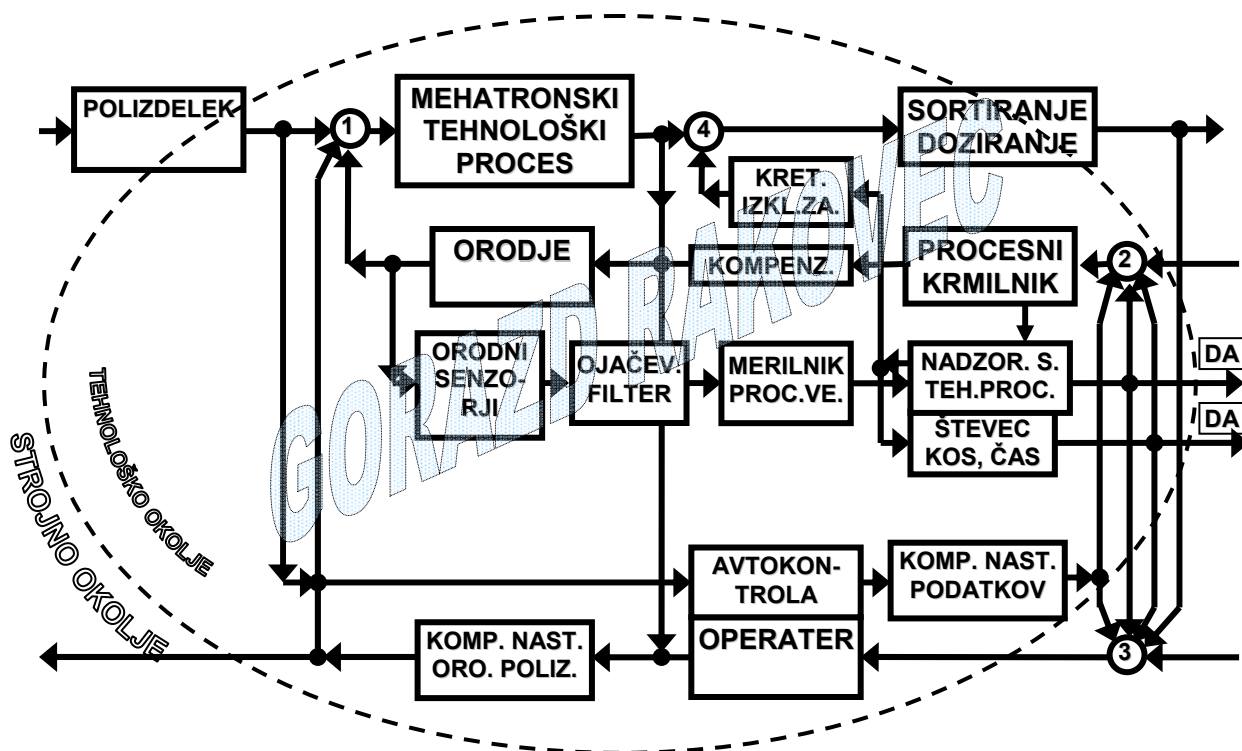


Slika 5: Blokovna na levi in kibernetška shema tehnološkega mehatronskega sistema

Če mehatronsko multiinterakcijo v blokovni shemi skušamo zapisati z upoštevanjem pravil blokovne algebre iz kibernetike kot temeljne znanosti mehatronike, dobimo kibernetško blokovno shemo tehnološkega mehatronskega sistema (Slika 5 desno).

## 6 Didaktična razčlenjena kibernetška shema

Seveda je kibernetška blokovna shema z elementi blokovne algebre bolj abstraktna in teoretična od navadne blokovne sheme, vendar za tehniško prakso premalo razčlenjena. Uporabna shema mora biti razčlenjena na osnovne elemente, ki jih je možno kupiti ali zgraditi. Načeloma je razčlenjeno blokovno shemo možno risati poljubno, če ta ne izgubi svojega logičnega smisla. Vendar pa je v mehatroniki osnovna znanost kibernetika, ki pa določa pravila risanja blokovnih shem. Tako dobimo razčlenjeno kibernetško shemo mehatronskega tehnološkega sistema na Sliki 6.



Slika 6: Razčlenjena kibernetška blokovna shema tehnološkega mehatronskega sistema

Ta shema (Slika 6) vsebuje tehniške elemente, iz katerih lahko mehatronik zgradi mehatronski sistem ali dograjuje podsisteme: orodje in polizdelek tvorita osnovno interakcijo v sumacijski točki 1, elektronski del procesa s krmilnikom in senzorsko-merilno-nadzornim sistemom tehnološkega procesa poteka v sumacijski točki 2, upravljanje sistema s strani operaterja v sumacijski točki 3 in proces sortiranja doziranja slabih in dobrih polizdelkov, s katerim nadzorni sistem preko kretnice na progi polizdelkov posega v strežni del procesa, v sumacijski točki 4.

## 7 Vaja z didaktičnim sistemom

Po osnovnih teoretičnih prikazih mehatronskega tehnološkega sistema in procesa od enostavne oblikovne sheme, do abstraktne in teoretične kibernetike sheme, sledi še vaja na že začetno demonstriranem didaktičnem sistemu za preskušanje mehatroniziranega tehnološkega procesa na Sliki 7. Sedaj študenti sami, ko poznajo zgradbo sistema in teorijo, praktično preizkusijo delovanje takega sistema, ki deluje zelo podobno kot pravi. Učenje funkcij nadzora tehnološkega procesa na pravem dejanskem nadzornem sistemu na modelu stiskalnice v učilnici ni dosti drugačno od istega sistema, ki je postavljen v proizvodnji, a razlike so in to v pomembnih podrobnostih. Zato je potrebno praktično izobraževanje v proizvodnem podjetju.



Slika 7: Didaktični sistem za eksperimentalno preskušanje nadzora mehatroniziranega tehnološkega procesa

## 8 Praktično izobraževanje v podjetju

Pridobljeno teoretično znanje s preskušanjem v laboratoriju na didaktičnem sistemu naj bi študent nadgradil z delom na pravem sistemu v podjetju. To pa je močno odvisno, v kakšnem podjetju študent opravlja praktično izobraževanje, saj se lahko zgodi, da obravnavanega sistema ni v podjetju, ali ne deluje, ni dostopen za študenta itd. Skratka, študent v podjetjih vsekakor spozna določen del sistemov, ki se jih je učil v šoli. Na ta način je omogočen enostaven prehod študenta iz šole v podjetje brez dolgotrajnega priučevanja in dodatnega usposabljanja za delo v praksi, kar je zahteva današnje industrije.

## 9 Sklep

Poučevanje mehatronizacije tehnoloških procesov je interdisciplinarna problematika. Pot od teorije na šoli do prakse v industrijski proizvodnji je dolga, vendar je uspešna le, če je od prve ure v šoli pravilno izvedena. Spoznavanje teorije se začne z demonstracijo didaktičnega delujočega sistema in se nadaljuje z oblikovno shemo, shematsko vezalno shemo, blok shemo, razčlenjeno kibernetično shemo in potem sledi razlaga teorije. Teorija se potem utrjuje z laboratorijskimi vajami na didaktičnem sistemu in zaokroži s praktičnim izobraževanjem v podjetjih. Šola je prva faza razvoja v podjetjih. Vsako stvar se je treba najprej naučiti, potem jo je možno uporabljati in z njo graditi. Šolska teorija je lahko v praksi malo uporabna, če je predavana z začetkom pri temeljnih zakonih in v tem primeru potrebuje študent po šoli še več let spoznavanja dejanskih primerov in procesov, kar je za podjetja nenadomestljiva izguba konkurenčnosti.

S poučevanjem kompetenc iz analize praktičnih primerov pa študent ohrani sliko uporabe v praksi tudi, ko se uči teorijo, zato lahko hitreje začne s samostojnim delom v podjetju. Študentu, ki se zaposli v podjetju na delovnem mestu, ni potrebno dolgo obdobje uvajanja v praktične primere, saj se je na njih že izšolal. V podjetjih ne izgubijo več toliko časa z uvajanjem novincev, kar jim omogoča večjo konkurenčnost.

### Literatura

- Alciatore, David, G. (2007). Introduction to mechatronics and measurement Systems, McGraw-Hill, Boston [etc.].
- Bishop, Robert H. (2002). The mechatronics handbook«, CRC Press, cop., Boca Raton, Fla.
- Bill, B., Gossweiler, C., in ostali, (2002). Piezoelektrische Sensoren: mit Mikroelektronik zu erweiterter Funktionalitaet und vereinfachten Anwendungen. 9.Symposium; Sensoren und Messdatenerfassung, 4.-6.Juni 2002, Technische Akademie, Esslingen.
- Brankamp, K. (2010). A world leader in process monitoring, dosegljivo na: <http://www.brankamp.com/eng/start.html> (20.6.2010).
- Kirchheim, A., Lehmann, A., Staub, R., Schaffner, G., & Jeck, N. (2004). Force Measurement in Resistance Welding, 19th DVS-Meeting "Resistance Welding", May 26th-27th. 2004. Duisburg.
- Kirchheim, A., Schaffner, G., Staub, R., & Jeck, N. (2001). Elektrodenkraft als wichtige Prozessgroesse beim Widerstandschweissen, Schweissen&Schneiden, let. 53, št. 9: 152 - 155.
- Peklenik, J. (1981). Avtomatizacija obdelovalnih sistemov – slike in literatura, FS, Ljubljana.
- Schiessle, E. (2002). Mechatronik. Vogel, Würzburg.
- Scheer, C., Hoffmann, P., Kirchheim, A., & Schaffner G. (1999). Spindleintegrated force sensors for monitoring drilling and milling processes, Sensor 99, 9th International Conference for Sensors, Transducers & Systems, May 18th-20th, 1999, Nuerenberg.