

SODOBNI STROJNIK

april 2025 | številka 6 | letnik VI

magazin
**višje strokovne
šole**
tehniškega
šolskega
centra
maribor

Kvalitativno
raziskovanje
v inženirskih
in storitvenih
strokah

stran 4

Določanje
prehodne
temperature
žilavosti
materiala

stran 9

Najpogostejši
vzroki pojava
napak na
orodjih za
kokilno litje
lahkih kovin

stran 12

Pridobivanje
litija na planini
Golica
(Koralpe)

stran 19

tehniški
šolski
center
maribor

tš
moja izbira

SODOBNI STROJNIK, letnik 2025, številka 6
Izdaja: Tehniški šolski center Maribor, VIŠJA STROKOVNA ŠOLA

UDK (UDC): 621
ISSN: 2630-4333

Uredniški odbor: dr. Andrej Podbrežnik, Anka Jemenšek, Petra Žunkovič
Izjave oziroma trditve avtorjev prispevkov ne odražajo mnenja uredniškega odbora in za njih ne odgovarjamo.
Oblikovanje in prelom strani: mag. Samo Čretnik
Izvod v digitalni obliki.

Nagovor urednika



Strojništvo je temelj sodobnega sveta – tako v proizvodnji, energetiki, prometu kot tudi pri razvoju naprednih tehnologij. V ospredju niso le tehnične rešitve, temveč tudi razumevanje procesov, materialov in ljudi. Prispevki v tej številki revije prikazujejo širok razpon strojništva – od konstrukcije inovativnega stojala za simulacijo vožnje do strateško pomembnega pridobivanja litija, ki predstavlja ključno surovino za energetski prehod in razvoj baterijske industrije. Poleg tehničnih vidikov posameznih projektov so poudarjene tudi veščine, ki niso izključno inženirske, a so nepogrešljive za sodobnega strokovnjaka, kot sta učinkovita poslovna komunikacija in sposobnost vodenja.

Sodobni inženir mora poleg tehničnega znanja obvladovati tudi mehke veščine, saj brez jasne komunikacije in sodelovanja inovacije pogosto ostanejo le na papirju. Zato ni naključje, da se vse več pozornosti posveča izobraževanju o komunikacijskih in vodstvenih kompetencah. V prispevkih je prikazano, kako pomembno vlogo ima kvalitativno raziskovanje v inženirskih okoljih – ne le za razumevanje potreb uporabnikov, temveč tudi za izboljšanje procesov, usposabljanje zaposlenih in dolgoročno načrtovanje.

Pod drobnogled so vzeti materiali, njihova obnašanja pri različnih obremenitvah in temperaturah, s poudarkom na žilavosti in varni uporabi v realnih pogojih. V ospredje je postavljena nuja po temeljitem poznavanju prehodne temperature žilavosti, ki je ključna za varno načrtovanje in uporabo kovinskih komponent. Prispevki opozarjajo, da napačna izbira materiala ali neustrezno razumevanje njegovih

lastnosti lahko vodita do resnih posledic – tako tehničnih kot ekonomskih.

Obpravnavana je tudi kritična vloga svetlobne opreme v prometni varnosti, kjer tehnične rešitve neposredno vplivajo na življenje in zdravje udeležencev. Pogled v mikro in makro svet proizvodnje razkriva pomen kakovosti orodij, natančnosti izvedbe ter upoštevanja ekonomskih učinkov pri načrtovanju in izvedbi proizvodnih procesov.

Vsak izdelek, ki zapusti proizvodno linijo, je rezultat številnih odločitev, znanja in trdega dela – in ravno skozi te članke dobimo vpogled v kompleksnost teh odločitev in posledice, ki jih lahko imajo. Prispevki osvetljujejo tudi pomen pedagoškega pristopa v izobraževanju bodočih strokovnjakov – da razumejo povezavo med teorijo in prakso, med načrti in rezultati.

Strojništvo danes ni več izolirana tehnična veda, temveč dinamično polje, ki se prepleta z gospodarstvom, ekologijo, družbo in globalnimi razvojnimi smernicami. V ospredju ni več le »kako nekaj narediti«, temveč tudi »zakaj, za koga in s kakšnimi posledicami«. Namen prispevkov v tej številki je pokazati, da je strojništvo poklic prihodnosti – a le, če ga razumemo celostno, kot sintezo znanja, odgovornosti, ustvarjalnosti in sodelovanja.

Želimo vam obilo užitkov ob prebiranju prispevkov.

dr. Andrej Podbrežnik

Kazalo

Kvalitativno raziskovanje v inženirskih in storitvenih strokah	4
Komunikacija v poslovnem svetu inženirja (strojništva): zakaj je komunikacija ključna za uspeh?	7
Določanje prehodne temperature žilavosti materiala	9
Najpogostejši vzroki pojava napak na orodjih za kokilno litje lahkih kovin	12
Prilagodljivo stojalo za volan za simulacijo vožnje	17
Pridobivanje litija na planini Golica (Koralpe)	19
Primerjava opisov postopkov spajkanja v treh različnih tehnoloških učbenikih	20

Kvalitativno raziskovanje v inženirskih in storitvenih strokah

POVZETEK

V prispevku je predstavljena uporaba kvalitativnih raziskovalnih metod v kontekstu inženirskih in storitvenih strok. Izpostavljene so značilnosti kvalitativnega raziskovanja, kot so poudarek na kontekstu, subjektivnost in esencializem, ki ga razlikujejo od kvantitativnih metod. V članku so opisane faze kvalitativnega raziskovanja, od zasnove raziskave do interpretacije rezultatov, prikazana pa je tudi njegova uporaba pri razumevanju potreb strank, izboljševanju procesov, usposabljanju zaposlenih, kriznem upravljanju in strateškem načrtovanju. S primeri in spoznaji želimo bralce seznaniti z vrednostjo in vsestranskostjo kvalitativnega razmišljanja v inženirskih in storitvenih dejavnostih.

ABSTRACT

This paper presents the application of qualitative research methods in the context of engineering and service industries. It highlights the characteristics of qualitative research, such as its emphasis on context, subjectivity, and essentialism, which distinguish it from quantitative methods. The article describes the stages of qualitative research, from research design to interpretation of results, and illustrates its application in understanding customer needs, process improvement, employee training, crisis management and strategic planning. Through examples and insights, we aim to introduce readers to the value and versatility of qualitative thinking in engineering and service industries.

UVOD

Inženirska teorija in praksa izhaja iz empiričnih dejstev. Zato nam je blizu pozitivistična filozofija sredine 19. stoletja, kjer je vsakršno znanje v zadnji instanci osnovano na čutnem izkustvu. Vsako pravo raziskovanje se ukvarja z opisovanjem in razlaganjem empiričnih dejstev. Zato v načelu ni razlike med metodami naravoslovnih in družboslovnih znanosti". (Vogrinc, 2008). Pozitivizem je želel preslikati naravoslovne zakonitosti v družboslovne in v tej želji je preslikal tudi raziskovalni pristop. Kvantitativna raziskovalna metodologija se s svojo empirično analitično metodologijo in z linearnim procesom raziskovanja od splošnega k posameznemu, odlično sklada s potrebami naravoslovnih in tehniških znanosti. S kvantitativnimi metodami želimo ugotoviti objektivne zakonitosti in jih uporabiti za napovedi in nadzor. Zato smo se

nekaterim kvantitativnimi metodam posvetili v prejšnjih številkah Sodobnega strojnika (Težak, 2019; Težak, 2022). Očitno se s kvantitativnim raziskovanjem lotevamo naloge partikularno; opazujemo posamezne spremenljivke na velikem številu enot, na reprezentativnem vzorcu celotne populacije. Sledi posplošitev ugotovljenih spoznanj v naravne zakone in dedukcija od splošnega zakona na poseben enkratni pojav.

Po drugi svetovni vojni so se pojavili dvomi, ali je z empirično analitičnim, s kvantitativnim pristopom možno spoznati pojave in dejstva, ki so povezani z ljudmi. Namreč, izpostavitev in analiza zgolj posameznih spremenljivk ne daje celostnega pogleda o povezavah in odnosih v raziskovanem področju. Tako se je, poleg kvantitativnega raziskovanja, pojavil pojem kvalitativnega raziskovanja. V primeru kvalitativne raz-

iskave so osnovno gradivo besedni opisi, ki so tudi analizirani besedno, brez merskih postopkov in operacij nad števili (Mesec, 1998). Poudarjen je induktivni postopek razmišljanja, prehod iz posameznega na splošno. To predstavlja bistveno razliko med kvantitativnim in kvalitativnim raziskovanjem.

Vsekakor so in bodo ostale kvantitativne metode lastne inženirskemu delu. Vendar se je potrebno zavedati, da so za proučevanje družbenih pojavov včasih potrebni drugačni pristopi kot za proučevanje naravoslovnih pojavov. Sodobni inženirji se pogosto znajdejo v interakcijah z ljudmi, še posebej v storitvenih dejavnostih, kar prinese nova, drugačna vprašanja, kot so običajna v tehniki. Fenomenološko usmerjena raziskava lahko pripelje do iskane odgovora. Zato v pričujočem prispevku predstavljamo kvalitativno

VIRI:

(1)
ATLAS.ti Scientific Software Development GmbH. (2024). ATLAS.ti. Pridobljeno 15. marec 2024 iz: <https://atlasti.com/>.

(2)
Bozzo, L. M., Barbat, A., & Torres, L. (1998). Application of qualitative reasoning in engineering. *Applied Artificial Intelligence*, 12(1), 29-48. Pridobljeno 15. marec 2024 iz: <https://core.ac.uk/download/pdf/296533502.pdf>.

(3)
Mažgon, J. (2020). Razvoj akcijskega raziskovanja na temeljnih postavkah kvalitativne metodologije. Ljubljana: Znanstvena založba Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani. Pridobljeno 15. marec 2024 iz: <https://ebooks.uni-lj.si/zalozbaui/catalog/download/239/343/5697-1?inline=1>.

raziskovanje, da bo bralec poznal in lažje smelo uporabil metode, ki niso lastne inženirskim strokam. Pri delu si lahko koristno pomaga z navedenimi viri in orodjem (ATLAS.ti, 2024).

KVALITATIVNO RAZISKOVANJE

Kvalitativno raziskovanje je raziskovalna metoda, ki temelji na subjektivnih ocenah, opazovanju in razumevanju konteksta ter se osredotoča na razumevanje izkušenj, pogledov in vedenja posameznikov v njihovem naravnem okolju (Mesec, 2023). Uporabimo jo lahko tudi v inženirstvu (Bozzo, Barbat, & Torres, 1998). Ta metoda se pogosto uporablja za raziskovanje kompleksnih pojavov, ki jih je težko kvantificirati, kot so prepričanja, stališča in občutki. Podatki za kvalitativno raziskovanje se pogosto zbirajo z metodami, kot so opazovanje, intervjuji in fokusne skupine. Zbrani podatki niso številčni in lahko vključujejo besedilne, zvočne in vizualne zapise.

Poglavitne značilnosti kvalitativnega pristopa:

- Poudarek na kontekstu: pojav želimo razumeti v njegovem naravnem okolju in socialnem kontekstu.
- Subjektivnost: priznavanje vloge raziskovalca pri interpretaciji podatkov in prepoznavanje vpliva lastnih prepričanj in izkušenj.
- Esencializem: iskanje bistva pojava ali fenomena skozi analizo različnih vidikov.

Kvalitativno raziskovanje uporabimo, če želimo:

- Raziskati življenje in vedenje ljudi.
- Razložiti življenjske izkušnje ali pojave s poudarkom na subjektivnih izkušnjah ljudi.
- Raziskati procese, dejanja in inte-

rakcije.

- Razumeti razloge, zaradi katerih zaposleni odhajajo.
- Opraviti študijo primera dobre ali slabe prakse nekega podjetja.

RAZLIKE MED KVANTITATIVNIM IN KVALITATIVNIM RAZISKOVA-NJEM

Kvalitativno sklepanje se razlikuje od kvantitativnega sklepanja predvsem v pristopu k analizi podatkov in interpretaciji rezultatov. Medtem ko kvalitativno sklepanje temelji na subjektivnih opazovanjih, razumevanju konteksta in poglobljeni analizi kakovostnih podatkov, se kvantitativno sklepanje osredotoča na merljive količine, statistične analize in številčne rezultate (McLeod, 2023).

Razlike med kvalitativnim in kvantitativnim sklepanjem se kažejo predvsem v pristopu, podatkih in analizi:

- pristop
kvalitativno sklepanje je bolj subjektivno, poudarja individualna doživetja in perspektive, medtem ko je kvantitativno sklepanje bolj objektivno in se osredotoča na splošne zakonitosti,
- podatki
kvalitativno sklepanje uporablja predvsem besedilne, lahko tudi slikovne ali zvočne podatke, medtem ko kvantitativno sklepanje temelji na številkah in merljivih podatkih,
- analiza
pri kvalitativnem sklepanju se uporabljajo interpretativne metode za razumevanje konteksta in pomena podatkov, medtem ko pri kvantitativnem sklepanju prevladujejo statistične analize za preverjanje hipotez.

Izbrati kvantitativni ali kvalitativni pristop? Poenostavimo lahko takole:

kvantitativne raziskave uporabimo za potrditev ali preverjanje teorije ali hipoteze, kvalitativne raziskave pa za razumevanje posameznika, dogodka ali ugotavljanje razlogov za opažene vzorce obnašanja (Mažgon, 2020; Bozzo, Barbat, & Torres, 1998).

ZNAČILNOSTI KVALITATIVNE RAZISKOVALNE METODE

Glavne značilnosti lahko strnemo v naslednje skupine (Mesec, 1998; McLeod, 2023).

- Nestrukturirani neobdelani podatki
Kvalitativne raziskovalne metode uporabljajo nestrukturirane, neštevilske podatke, ki se analizirajo za oblikovanje subjektivnih zaključkov o določenih temah, ki so običajno predstavljeni opisno, namesto uporabe statističnih številčnih podatkov. Velikost vzorca je majhna.
- Zbiranje podatkov, specifičnih za posamezno lokacijo
Pri kvalitativnih raziskovalnih metodah se podatki zbirajo na določenih področjih, kjer se anketiranci ali raziskovalci soočajo z izzivom ali imajo potrebo po raziskovanju. Postopek poteka v realnem okolju, udeležencem pa za sodelovanje ni treba zapustiti svojega prvotnega geografskega okolja.
- Pomen raziskovalcev
Raziskovalci imajo pomembno vlogo, saj je pri kvalitativnem raziskovanju komunikacija z anketiranci bistveni del zbiranja in analize podatkov. Poleg tega se morajo raziskovalci med interakcijo zanašati na svoje sposobnosti opazovanja in poslušanja ter te podatke ustrezno uporabljati in razlagati.

dr. Težak Oto,
uni. dipl. ing.
predavatelj
Višje strokovne šole
Tehniškega šolskega
centra Maribor

(4)
McLeod, S. (18. december 2023). Qualitative vs Quantitative Research Methods & Data Analysis. Pridobljeno 15. marec 2024 iz: <https://www.simplypsychology.org/qualitative-quantitative.html>.

(5)
Mesec, B. (1998). Uvod v kvalitativno raziskovanje v socialnem delu. Ljubljana: Visoka šola za socialno delo. Pridobljeno 15. marec 2024 iz: <http://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:doc-C11L6WB5>.

(6)
Mesec, B. (2023). Kvalitativno raziskovanje v teoriji in praksi. Ljubljana: IRSA, Inštitut za razvojne in strateške študije.

– Več metod
Raziskovalci zbirajo podatke z različnimi metodami, kot so analiza vsebine, pripovedna analiza, analiza diskurza, tematska analiza, namesto da bi se zanašali na en sam vir. Čeprav se kvalitativne raziskovalne metode nekoliko prekrivajo, ima vsaka metoda svoj pomen in področje uporabe.

– Reševanje zapletenih vprašanj
Te metode pomagajo pri razčlenjevanju zapletenih problemov na bolj uporabne in razumljive sklepe, ki jih zlahka razumemo.

– Nepriistranski odgovori
Kvalitativne raziskovalne metode temeljijo na odprti komunikaciji, pri kateri lahko udeleženci svobodno izrazijo svoja stališča. V takih primerih udeleženci zaupajo anketirancu, zato so odgovori nepriistranski in resnični.

– Prilagodljivost
Kvalitativna raziskovalna metoda se lahko spremeni v kateri koli fazi raziskave. Analiza podatkov ni omejena na izvedbo na koncu raziskave, temveč se lahko izvaja vzporedno z zbiranjem podatkov. Zato lahko raziskovalci, na podlagi predhodne analize in novih zamisli, svobodno spremenijo metodo tako, da ustreza njihove- mu cilju.

FAZE KVALITATIVNEGA RAZISKOVANJA

Kvalitativno raziskovanje je kompleksen proces, ki vključuje več faz (Mesec, 2023; Vogrinc, 2008; Mcleod, 2023). Groba delitev vsebuje naslednje faze: načrtovanje raziskave, zbiranje podatkov, analiza podatkov in interpretacija rezultatov.

Posamezne faze lahko podrobneje strukturiramo.

– Načrtovanje raziskave

- Definiranje problema: določitev

jasnega cilja in raziskovalnega vprašanja.

- Izbira metode: odločitev o pristopu (npr. izbira študije primera, fenomenološke analize).
- Določitev udeležencev: izbor primernih udeležencev za raziskavo.

– Zbiranje podatkov

- Intervjuji: pogovori z udeleženci za pridobivanje globljega vpogleda.
- Opazovanje: neposredno opazovanje dogajanja ali situacije.
- Analiza dokumentov: pregled in analiza dokumentacije, ki je na voljo.

– Analiza podatkov

- Kodiranje podatkov: identifikacija ključnih tem, vzorcev in povezav.
- Kategorizacija: razvrščanje podatkov v kategorije za lažjo interpretacijo.
- Iskanje povezav: identifikacija povezav med različnimi elementi.

– Interpretacija rezultatov

- Pomen rezultatov: razumevanje in interpretacija najdenih vzorcev.
- Teoretična osnova: povezava rezultatov s teoretičnim okvirom.
- Sporočanje rezultatov: priprava poročila ali predstavitve rezultatov.
- Uporaba rezultatov: rešitev problema, ki je botroval raziskovalnemu vprašanju.

ZAKLJUČEK

Različne discipline uporabljajo kvalitativno raziskovanje kot metodo raziskovanja za razumevanje človeških vedenja in izkušenj.

Kvalitativno sklepanje je ključna

metoda raziskovanja, ki omogoča razumevanje globljih vidikov človeških izkušenj in družbenih pojavov. S svojim poudarkom na kontekstu, subjektivnosti in esencializmu raziskovalcem omogoča pridobivanje dragocenih vpogledov, ki lahko prispevajo k boljšemu razumevanju kompleksnih problemov in pojavov v različnih disciplinah.

Kvalitativno sklepanje se lahko uporablja v inženirski praksi za razumevanje potreb strank in za verifikacijo opravljenega dela ali storitve. Uporabimo ga lahko tudi za stik z zaposlenimi in spremljanje kakovosti proizvodnega procesa. Prav tako lahko kvalitativno sklepanje v inženirstvu olajšuje in izboljšuje reševanje problemov, z zagotavljanjem okvira za povezovanje različnih vrst znanja na edinstven način, ter pomaga pri vrednotenju in izboljševanju konceptualnih zasnov in načrtovanju struktur.

V storitvenih dejavnostih je kvalitativno sklepanje dragoceno orodje za ponudnike storitev, s katerim lahko poglobljeno razumeje svoje stranke, procese in tržno dinamiko. Z analizo kvalitativnih podatkov lahko ponudniki storitev prepoznajo vzorce, teme in oblikujejo spoznanja, ki lahko služijo kot podlaga za sprejemanje odločitev in spodbujajo izboljšave v procesih, ponudbi in strategiji. Povzamemo lahko nekaj načinov uporabe kvalitativnega sklepanja v inženirstvu in/ali storitvenih dejavnostih:

– Razumevanje strank: kvalitativno sklepanje lahko ponudnikom storitev pomaga razumeti čustva, dožemanje in motivacijo njihovih strank. Z analizo intervjujev s strankami, fokusnih skupin in anket lahko ponudniki storitev

(7)

Težak, O. (februar 2019). Opisna statistika v okolju za delo s preglednicami. *Sodobni strojnik*, 3(3), 14-16.

(8)

Težak, O. (2022, junij). Statistično sklepanje v okolju za delo s preglednicami. (TŠC Maribor, Višja strokovna šola). Pridobljeno iz: <https://www.tscmb.si/wp-content/uploads/2022/06/revija-Sodobni-strojnik-2022.pdf>.

(9)

Vogrinc, J. (2008). Kvalitativno raziskovanje na pedagoškem področju. Ljubljana: Pedagoška fakulteta, Univerza v Ljubljani. Pridobljeno iz: <https://core.ac.uk/download/pdf/35123064.pdf>.

prepoznajo vzorce in teme, ki so lahko podlaga za razvoj izdelkov, trženjske strategije in izboljšave storitev za stranke.

– **Izboljšanje procesov:** kvalitativno sklepanje je mogoče uporabiti za ugotavljanje ozkih grl, neučinkovitosti in področij za izboljšave v storitvenih procesih. S preučevanjem povratnih informacij strank, opazovanj in razgovorov z zaposlenimi lahko ponudniki storitev pridobijo vpogled v to, kako racionalizirati procese, zmanjšati število napak in povečati zadovoljstvo strank.

– **Usposabljanje in razvoj:** kvalitativno sklepanje lahko organizacijam pomaga ugotoviti vrzeli v znanju in spretnostih njihovih zaposlenih. Z analizo intervjujev z zaposlenimi, fokusnih skupin in podatkov o uspešnosti lahko ponudniki storitev razvijejo ciljno usmerjene programe usposabljanja za izboljšanje uspešnosti zaposlenih in storitev za stranke.

– **Krizno upravljanje:** v primeru krize v storitvenih dejavnostih lahko kvalitativno sklepanje pomaga organizacijam razumeti temeljne vzroke problema in razviti ustrezne odzive. Z analizo povratnih

informacij strank, intervjujev z zaposlenimi in komentarjev v družbenih medijih lahko ponudniki storitev opredelijo ključne težave in razvijejo strategije za njihovo reševanje.

– **Strateško načrtovanje:** kvalitativno sklepanje se lahko uporablja za strateško načrtovanje, saj zagotavlja vpogled v potrebe strank, tržne trende in konkurenčno dinamiko. Z analizo povratnih informacij strank, poročil panoge in analiz konkurence lahko ponudniki storitev razvijejo strategije za prepoznavnost na trgu in ohranjanje prednosti pred konkurenco.

Komunikacija v poslovnem svetu inženirja (strojništva): zakaj je komunikacija ključna za uspeh?

POVZETEK

Velikokrat me redni študenti sprašujejo, zakaj je predmet Poslovno komuniciranje in vodenje potreben na strokovni smeri. Za razliko od izrednih študentov težko razumejo ključne kompetence v poslovnem svetu. Tako jim poskušam razložiti, da je komunikacija ključna za uspeh v poslovnem svetu. Bodočim inženirjem bi skozi članek želela prikazati, da znanje brez učinkovite komunikacije ne more doseči svojega polnega potenciala.

ABSTRACT

Regular students often ask me why the subject Business Communication and Leadership is necessary in a professional program. Unlike part-time students, they struggle to understand the key competencies required in the business world. I try to explain to them that communication is essential for success in the business environment. Through this article, I aim to show future engineers that knowledge without effective communication cannot reach its full potential.

UVOD

V članku bomo raziskali, zakaj je komunikacija tako pomembna za inženirje in kako jo lahko izboljšamo. Navedli bomo primere, kjer je slaba komunikacija vplivala na uporabo strojniškega znanja na delovnem mestu. Študentom strojništva svetu-

jem aktivno sodelovanje na predavanjih, vajah, povezovanje s sošolstenci, raziskovanje praktičnih primerov, udeležbo na delavnicah in treningih ter samorefleksijo. Komunikacija ni le dodatek k strojniškemu znanju, ampak ključni element uspešne kariere.

Koordinacija med ekipami: v vsaki inženirski industriji učinkovita komunikacija omogoča inženirjem strojništva, da usklajujejo čezfunkcionalne ekipe, ki vključujejo oblikovalce, inženirje in partnerje v dobavni verigi. Le s skupnim razumevanjem ciljev in pričakovanj lahko dosežemo rezulta-

dr. Težak Oto,
uni. dipl. ing.
predavatelj
Višje strokovne šole
Tehniškega šolskega
centra Maribor

mag. Herle Sabina,
uni. dipl. oec.
predavateljica
Višje strokovne šole
Tehniškega šolskega
centra Maribor

te, ki izpolnjujejo podjetje in njegove vrednote (Abbas, 2024).

Jasnost in pričakovanja: komunikacijske veščine izboljšujejo učinkovitost, saj zagotavljajo jasne informacije in pričakovanja. Jasno komuniciranje zmanjšuje nesporazume, frustracijo in morebitne napake v projektih. Inženirji morajo biti sposobni izraziti svoje ideje, navodila in zahteve na način, ki ga drugi razumejo. Pri tem je potrebno poudariti, da moramo poznati ciljno skupino s katero komuniciramo. Z laiki tako uporabljamo preprost jezik, medtem, ko s strokovnjaki lahko komuniciramo v jeziku stroke.

Poslušanje: ključ do verbalne komunikacije za inženirje je aktivno poslušanje. Namesto, da bi le čakali, da samo govorimo, moramo poslušati sogovornika. Pri tem uporabimo korake aktivnega poslušanja, ki lahko celotno komunikacijo obrnejo v pravo smer in posledično spremenijo tok dogajanja v poslovnem svetu. Pomembno je, da se osredotočimo na besede, ki jih drugi izgovarjajo, in se trudimo razumeti njihove potrebe. Če smo zmedeni, lahko ponovimo, kar smo razumeli, in prosimo za pojasnilo. Pri predmetu PKV se naučimo korakov aktivnega poslušanja ter tako tudi novih komunikacijskih veščin. Vsekakor je smiselno, da smo pozorni tudi na neverbalne komunikacije, ki skozi svojo izrazno moč koristi v celotnem komunikacijskem procesu.

Konsistentna komunikacija: dobri voditelji se zavedajo pomena dosledne komunikacije. Vsak od nas ima svoj način izražanja, vendar je ključno, da najdemo svoj komunikacijski stil in ga dosledno uporabljamo. S tem bomo omogočili, da nas družina, prijatelji, poslovni partnerji in sodelavci lažje razumejo.

Potrpežljivost: med komunikacijo moramo drugim dati dovolj časa, da izrazijo svoje misli. Nepotrpežljivost lahko prekine tok pogovora. Vsak dialog je pomemben, zato bodimo potrpežljivi in odprti za reševanje težav.

PRIMERI NEUSPEŠNE KOMUNIKACIJE V STROJNIŠTVU

Napačno razumevanje specifikacij: v podjetju so inženirji razvijali novo napravo za avtomatizacijo proizvodnje. Vodja projekta je podal zahteve, vendar so se med prenosom informacij izgubile nekatere ključne podrobnosti. Posledično so inženirji razvili napravo, ki ni ustrezala potrebam stranke. To je povzročilo zamude in dodatne stroške za popravke.

Nejasna komunikacija med oddelki: v podjetju za proizvodnjo strojev so imeli inženirji v oddelku za razvoj, težave pri sodelovanju s proizvodnim oddelkom. Načrti za nove stroje so bili nejasni, kar je povzročilo napačno izdelavo komponent. Zaradi tega so se pojavile okvare na strojih, kar je negativno vplivalo na ugled podjetja.

Pomanjkanje komunikacije s strankami: inženirji so razvijali programsko opremo za nadzor robotskega sistema v avtomobilski tovarni. Niso pa se posvetili komunikaciji s strankami, da bi razumeli njihove potrebe in pričakovanja. Posledično so razvili programsko opremo, ki ni bila prilagojena uporabi strank, kar je povzročilo težave pri delovanju robotskega sistema.

Neusklajenost med oddelki za razvoj in proizvodnjo: v podjetju za izdelavo medicinske opreme so inženirji razvili nov medicinski pripomoček. Vendar niso pravočasno komunicirali s proizvodnim oddelkom, ki je bil odgovoren za izdelavo prototipov. Posledično so se pojavile težave pri izdelavi prototipov, kar je podaljšalo

čas razvoja in zvišalo stroške.

Nepravilna komunikacija med inženirji in vodstvom: v podjetju za razvoj elektronskih komponent so inženirji razvijali novo generacijo izdelkov. Vendar niso redno poročali o napredku vodstvu. Ko so končno predstavili izdelek, se je izkazalo, da izdelek ne izpolnjuje ključnih zahtev trga. Boljša komunikacija bi omogočila pravočasno prilagajanje in izboljšanje izdelka.

Vsi ti primeri kažejo, kako pomembna je učinkovita komunikacija za uspešno uporabo strojniškega znanja na delovnem mestu. Zato je ključno, da bodoči inženirji razvijajo svoje komunikacijske veščine, da bodo lahko uspešno sodelovali s sodelavci, strankami in drugimi deležniki poslovnega sveta.

Študentom strojništva bi zato svetovala naslednje:

Aktivno sodelovanje na predavanjih: redno udeleževanje predavanj je ključno. Aktivno sodelujte, postavljajte vprašanja in delite svoje izkušnje. To bo pripomoglo k boljšemu razumevanju gradiva in vzpostaviti boljših odnosov s soščitniki in profesorji.

Povezovanje s soščitniki: komunikacija ni le v besedah, ampak tudi v odnosih. Povežite se s soščitniki, izmenjujte mnenja in izkušnje. Skupinsko delo in projekti so odlična priložnost za razvoj komunikacijskih veščin.

Raziskovanje praktičnih primerov: raziskujte primere iz poslovnega sveta, kjer dobra komunikacija igra ključno vlogo. Preberite članke, knjige ali se pogovarjajte z izkušenimi strokovnjaki. To vam bo pomagalo razumeti, kako se teorija prenaša v prakso. Velik poudarek dajemo pri predmetu tudi na seminarske naloge,

VIR:

(1)
Zain Abbas, Why Communication for Engineers Is so Important Engineering Leadership: The Role of Interpersonal Communication Proficiency in a Mechanical Engineer's Persona, <https://engpost.com/>, (30. 5. 2024)
Why Communications Skills Are Critical To Engineers23

ki so orientirane na konkretna podjetja in primere iz prakse. Prav tako pa jo to tudi priložnost za navezavo tesnejših stikov s potencialnim delodajalcem, kjer si skozi reševanje praktičnih problemov v dotičnem podjetju lahko utrete uspešno karierno pot.

Delavnice in treningi: iskanje dodatnih virov za izboljšanje komunikacijskih veščin je vedno koristno. Udeležite se delavnic, ki se osredotočajo na komunikacijo, javno nastopanje ali vodenje. Praktične izkušnje so neprecenljive. Zato se pri predmetu PKV kalite tudi v javnem nastopanju.

Spremljanje aktualnih dogodkov: sledite novostim v strojništvu in poslovnem svetu. Razumevanje, kako se komunikacija spreminja v teh okolišjih, vam bo pomagalo bolje razumeti pomen predmeta.

Samorefleksija: redno se sprašujte, kako lahko izboljšate svoje komunikacijske veščine. Bodite odprti za povratne informacije in se trudite nenehno napredovati.

Pomembno je razumeti, da komunikacija ni le dodatek k strojniškemu znanju, ampak ključni element uspešne kariere oz. življenja. Z dobro

komunikacijo boste lažje sodelovali s sodelavci, strankami in nadrejenimi ter gradili dolgoročne dobre odnose tudi v ostalih področjih svojega življenja.

ZAKLJUČEK

Komunikacija je most, ki povezuje tehnično znanje z uspešnostjo inženirjev. Zato je nujno, da bodoči strojni inženirji razvijajo svoje komunikacijske veščine, da bodo lahko učinkovito sodelovali s sodelavci, strankami in drugimi deležniki v poslovnem svetu strojništva, ter bili generalno zadovoljni in uspešni na svoji karierni in življenjski poti.

mag. Herle Sabina,
univ. dipl. oec.
predavateljica
Višje strokovne šole
Tehniškega šolskega
centra Maribor

Določanje prehodne temperature žilavosti materiala

POVZETEK

Žilavost materiala okarakteriziramo kot nagnjenost plastičnega materiala na krhkost. Določamo jo z namenom, da ugotovimo lastnost materiala ob zarezi, če je le ta obremenjen z udarno obremenitvijo. Izvajamo jo z udarnim preizkusom po Charpy-ju. Namen članka ni predstavitev načina določanja žilavosti temveč prehodne temperature žilavosti materiala. Predstavljen bo postopek določanja kje je tista temperatura, ki nam še zagotavlja varno območje uporabe določenega materiala, če je ta izpostavljen različnim temperaturnim pogojem. Članek bo bralcu približal boljše razumevanje karakterizacije kakšnega koli kovinskega materiala, ki ga bo imel namen uporabiti za določene namene obremenitev v širšem območju temperaturnih nihanj. Prav tako se bo v učnih procesih strokovno in pedagoško približalo razumevanje ustrezne izbire in ravnanja z materiali, da bi se na ta način zagotovila varna tehnološka uporaba le teh.

ABSTRACT

The toughness of a material is characterized as the tendency of a ductile material to become brittle. It is determined to evaluate the material's properties at a notch when subjected to impact loading. This is done using the Charpy impact test. The purpose of this article is not to present the method of determining toughness but rather the transition temperature of material toughness. The procedure for determining the temperature at which a material remains within a safe usage range under varying temperature conditions will be presented. The article aims to provide the reader with a better understanding of the characterization of any metallic material intended for specific load applications across a broad range of temperature fluctuations. Additionally, it will professionally and pedagogically enhance the understanding of appropriate material selection and handling in educational processes, ensuring the safe technological application of these materials.

UVOD

O žilavosti materiala in izvedbi načina ugotavljanja je veliko napisal

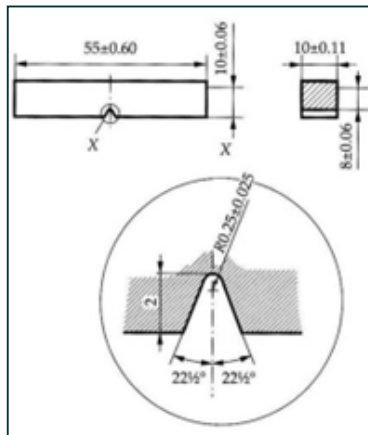
nega, vendar ob uvodni besedi se spomnimo, da je žilavost materiala, ki jo ugotavljamo z udarnim preiz-

kusom po Charpy-ju, definirana kot udarna žilavost. Predstavlja neko opravljeno delo, ki smo ga izved-

Dragan Gogić, mag. inž.
metal. in mater.
predavatelj
Višje strokovne šole
Tehniškega šolskega
centra Maribor /
Academia d.o.o.

li do porušitve materiala. Pri tem smo porabili določeno energijo, ki je potrebna za porušitev materiala. To ni absolutna lastnost materiala saj ni odvisna od načina merjenja. To je tehnološki postopek s katerim ugotovimo ali je jeklo pri določeni temperaturi še vedno žilavo in ali bo vzdržalo. Žilavost materiala je odvisna od kemične sestave, mikrostrukture, temperature, površine, okolice, itd. S preizkusom določamo žilavost materiala pri udarcu. Preizkušavec zlomimo z nihalnimi kladivom, ki pri padanju udari v sredino preizkušanca nasproti zareze. Te so lahko z izvedbo U ali V oblike in so standardnih dimenzij. Ko je kladivo dvignjeno in miruje, ima potencialno energijo, ko pa ga spustimo, pa se ta spremeni v kinetično za rušenje preizkušanca. Udarno energijo $G \times h$ merimo v (J) – džul.

Žilav material ima ob relativno visoki trdnosti še vedno dovolj visoko sposobnost plastičnega preoblikovanja, pomeni če je preizkušavec z zarezo obremenjen z udarno obremenitvijo se ne bo prelomil, ampak bo spremenil svojo obliko.



Slika 1: Dimenzije preizkušanca
 Vir: EN 10 045-1, 1990.

OPREMA IN PRIPOMOČKI

Za izvedbo preizkusa je bilo pripravljenih 10 vzorcev iz materiala Niomol 18/8, dimenzij $55 \times 10 \times 10$ mm, z V zarezo globine 2 mm pod kotom 45° (slika 1), skladnih s standardom EN 10045-1 ISO 148-1. Charpy-jev stroj (slika 2) je sestavljen iz nihajnega kladiva, ki prelomi preizkušavec vpet med dvema podporama, tekoči dušik s hladilno napravo za ohlajanje preizkušancev na želeno temperaturo, peč s katero segrejemo preizkušance na želeno temperaturo, termometer in prijemne klešče.

DOLOČANJE PREHODNE TEMPERATURE ŽILAVOSTI

Preizkušance za preizkus žilavosti, standardnih dimenzij, z V zarezo smo segreli v peči ali ohladili v hladilnem sistemu na želeno temperaturo. Pripravljene preizkušance postavimo na naležno podporo Charpy-jevega kladiva (prenos preizkušanca od peči/hladilnika ne sme potekati več kot 5 s). S spustom kladiva se kinetična energija porabi delno kot toplotna energija in delno za nastanek novih površin. Kladivo tako preizkušance preseka na dva

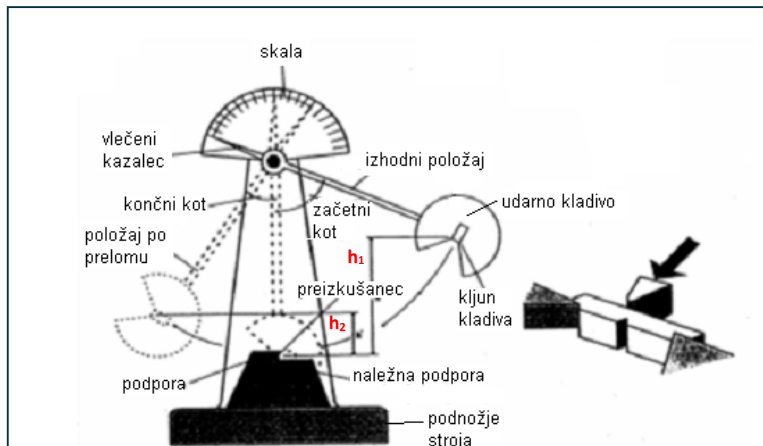
dela ter se nato izmeri žilavost materiala s pomočjo razlike višine s katere smo kladivo spustili (h_1) in višine, katero kladivo doseže na drugi strani (h_2) kar razberemo iz stanja kotov pred preizkusom (standardno 160°) in po odmiku (dejansko).

Št. vzorca:	Temperatura preizkusa [°C]	Udarna žilavost: [J]
1	+20	216
2	+60	214
3	+100	260
4	-196	4
5	0	210
6	-10	196
7	-20	210
8	-30	190
9	-40	148
10	-50	24

Tabela 1: Izmerjena žilavost preizkušancev pri določeni temperaturi
 Vir: Gogić, 2008.

REZULTATI

Preizkus žilavosti in s tem določanje prehodne temperature žilavosti je



Slika 2: Shema Charpy-jevega kladiva | Vir: Google, 2024.

potekal pri različno izbranih temperaturah, kar je razvidno iz tabele 1.

Na podlagi podatkov iz tabele 1 je sledila konstrukcija diagrama (slika 3), ki prikazuje odvisnost udarne žilavosti od temperature. Kot vidimo, ta z naraščajočo temperaturo eksponentno narašča.

Na osnovi podatkov o žilavosti materiala smo izračunali prehodno temperaturo žilavosti. To je tista temperatura, ki predstavlja mejno področje med žilavostjo in krhkostjo materiala. Najprej izračunamo srednjo vrednost žilavosti po enačbi:

$$CVN_{sr} = \frac{CVN_{max} + CVN_{min}}{2} = \frac{260 + 4}{2} = 132 J$$

Izračunano srednjo vrednost žilavosti nato vnesemo v diagram (slika 4) kjer na osnovi presečišča osi »y« z žilavostjo dobimo tudi presečišče na krivulji, ki predstavlja tokovnico izmerjenih žilavosti. Iz presečišča na krivulji nato potegnemo vzporednico z y-osjo ter na temperaturni osi »x« odčitamo prehodno temperaturo žilavosti materiala. Ta kaže na vrednost cca. -40°C.

Ker vidimo, da se vrednost prejšnje enačbe nahaja med meritvami pri -40°C in -50°C, **za natančno določitev** prehodne temperature žilavosti **izvedemo linearno interpolacijo** z podatki, ki so prikazani v tabeli 2.

Žilavost [J]:		Temperatura [°C]:	
»x«		»y«	
x ₁	24	-50	y ₁
x ₂	132	?	y ₂
x ₃	148	-40	y ₃

Tabela 2: Mejne vrednosti približkov prehodne temperature žilavosti
Vir: Gogić, 2008.

$$y_2 = \frac{(x_2 - x_1)(y_3 - y_1)}{(x_3 - x_1)} + y_1$$

$$= \frac{(132J - 24J)(-40°C - (-50°C))}{(148J - 24J)} + (-50°C)$$

$$= \frac{108J \cdot 10°C}{124J} - 50°C$$

$$CVN_{sr} = -41,3°C$$

Tako smo dobili prehodno temperaturo žilavosti, ki znaša približno -41,3°C. Za natančnejši rezultat bi bilo potrebno narediti še večje število preizkusov. Kot vidimo ima temperatura odločilen vpliv na žilavost

materiala, zato moramo za vsako področje v katerem bomo material uporabili dodobra preiskati, saj lahko ob neustrezni izbiri materiala pride do katastrofalnih posledic. Osnovno pravilo je, da glede na izračunano temperaturo uporabimo varnostni faktor 10°C, ki pove, da bi omenjeni material lahko uporabljali do maksimalno -31,3°C.

ZAKLJUČEK

Z udarnim preizkusom po Charpy-u smo ugotovili, da se žilavost materiala s temperaturo spreminja. Medtem ko se pri dokaj nizkih oziroma visokih temperaturah nekoliko manj spreminja s temperaturo, ima le-ta v določenem prehodnem območju zelo velik vpliv na žilavost in s tem tudi na tehnološko uporabnost materiala. Članek je učne narave in je podal bistvene podatke na kakšen način lahko za poljuben kovinski material določimo prehodno temperaturo žilavosti, če imamo na razpolago potrebno opremo in pripomočke. Metoda je zelo primerna za določanje lastnosti materialov, ki so namenjeni uporabi v avtomobilski industriji, saj so ti prisotni kako na področjih z višjimi kot tudi z nizkimi temperaturnimi odstopanji.

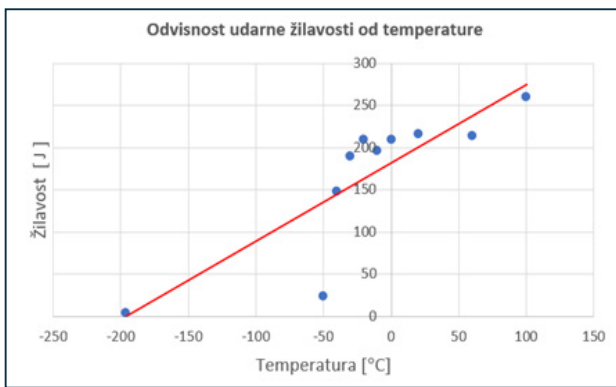
Dragan Gogić, mag. inž. metal. in mater. predavatelj
Višje strokovne šole Tehniškega šolskega centra Maribor / Academia d.o.o.

VIRI:

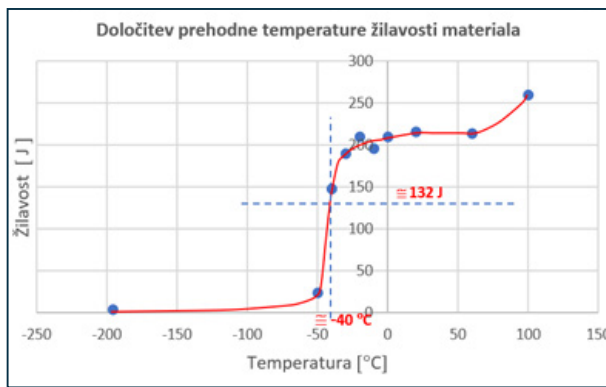
(1) EN 10 045-1. (marec 1990). Dimenzije preizkušanca.

(2) Google. (januar, 2024). Pridobljeno z: <https://www.google.com>.

(3) Gogić, D., Zapiski predavanj in vaj pri predmetu Preiskave materialov, NTF Ljubljana, 2008



Slika 3: Diagram temperaturne odvisnosti udarne žilavosti od temperature
Vir: Gogić, 2008.



Slika 4: Diagram prehodne temperature žilavosti materiala
Vir: Gogić, 2008.

Najpogostejši vzroki pojava napak na orodjih za kokilno litje lahkih kovin

POVZETEK

Sodobni proizvodni procesi in kakovost izdelkov, ki izhajajo iz procesov, so v veliki meri odvisni od pogojev dela ter opreme in orodij, ki je pri tem prisotna. Kakovosti orodij moramo posvetiti posebno pozornost, saj je poleg kakovosti izdelkov, ki izhajajo iz orodij velikega pomena tudi ekonomski vidik. Namreč, cenovni razred orodij predstavlja velik vložek in je potrebno veliko vložene in pravilnega dela, da se ta skozi produkcijski proces povrne in pri tem ustvarimo dodano vrednost. Članek predstavlja vpogled v boljše razumevanje proizvodnega procesa in spoznavanje bistvenih napak, ki izhajajo ne samo iz procesa temveč tudi nastajajo v fazi izdelave orodij. Članek ima tudi namen v učnih procesih strokovno in pedagoško čim bolj približati razumevanje vpliva ne kakovostnega dela, materialov, postopkov in odnosov do dela na končni rezultat.

ABSTRACT

Modern production processes and the quality of products resulting from these processes are largely dependent on working conditions, as well as the equipment and tools involved. Special attention must be paid to the quality of the tools, as, in addition to the quality of the products derived from these tools, the economic aspect is also of great importance. Specifically, the cost category of tools represents a significant investment, requiring substantial and precise work to recover this investment through the production process while creating added value. This article provides insights into a better understanding of the production process and identifies critical errors that arise not only from the process itself but also during the tool manufacturing phase. Furthermore, the article aims to bring professional and pedagogical understanding closer in educational processes, emphasizing the impact of poor-quality work, materials, procedures, and attitudes towards work on the final outcome.

UVOD

Livarska orodja dotrajajo v glavnem zaradi obremenitev, katerim so le ta med delom izpostavljena. Orodja morajo imeti predpisane trdnostne lastnosti in ko v določenem trenutku napetost postane večja od trdnosti orodja, pride do pojava napak, ki so prisotne v orodjih. Dejansko poznamo dva tipa pojava napetosti:

- napetosti, ki se pojavijo v fazi izdelave orodij in
- napetosti, ki so prisotne pri samem proizvodnem procesu v fazi uporabe orodij.

Prisotne napetosti v orodjih imajo za posledico nastanek napak, med katerimi so najpogostejše:

- razpoke zaradi toplotnih in mehanskih obremenitev (ciklične obremenitve),
- toplotna vzdržnost, kot sposob-

nost prenašanja povišanih temperatur in odpornost na nihajoče spremembe in

- obraba orodij zaradi erozivnih učinkov vnesenega medija v notranjost gravur.

Prisotne napake so večinoma neustrezna odstopanja, ki so prisotna v fazah:

- konstrukcijske zasnove,
- toplotne obdelave,
- slabih praks litja in
- vzdrževanja pred, med in po proizvodnem procesu.

Livarska orodja oziroma kot jih imenujem kokile v glavnem odpo vedo, ko prisotne napetosti postanejo toliko velike, da jih orodje več ne prenese, saj presegajo njegovo trdnost. Zakaj do tega pride? Iz enostavnega razloga, kjer so pri-

sotne napetosti dveh različnih oblik:

- Prve so posledica različnih vrst mehanske obdelave kot so brušenje, elektro erozija, napake katere izhajajo iz toplotne obdelave in napake iz faze konstrukcijske zasnove orodja.
- Slednje pa so posledica obremenitev v delovnih pogojih in jih okarakteriziramo kot so termične in mehanske napetosti.

Če pridemo v situacijo, da seštevek obojnih napetosti presega skupno vrednost trdnosti, potem lahko pričakujemo, da je verjetnost napak več kot možna. Ta podatek nam zagotovo poda pomembno informacijo, da bi vsi soudeleženci, ki so bili pri izdelavi orodja prisotni na raznih področjih (material, konstrukcijski oddelek, tehnologija obdelave orodja, toplotna obdelava) morali upora-

biti vso možno oskrbo, da dostavijo uporabniku orodje (matrico), ki je brez kakršnih koli preostalih napetosti.

Prav tako bi se v fazi rabe orodja morali izogniti kakršnimkoli napetostim, ki lahko prispevajo pojavu termičnega šoka ali drugim prisotnim nepotrebnim obremenitvam.

VRSTE NAPAK

Najpogostejše napake, katere se pojavljajo na orodjih pri kokilnem litju aluminija, so:

- klasične razpoke, ki se pojavljajo na ostrih prehodih in v vogalih,
- razpoke katere so posledica dotrajanosti orodja,
- termične razpoke pri povišanih temperaturah in
- obraba orodja ali erozija.

PODROČJA Z VELIKIM VPLIVOM NA KAKOVOST ORODIJ

Izbira materialov za orodja za delo v vročem

Najpomembnejši del livarskega orodja je vsekakor gravura. Gre za osnovni del orodja, iz katerega nastaja izdelek imenovan tudi matrica. Najprej se moramo vprašati kakšen material moramo imeti, da bi zagotovili dobre kakovosti orodja z ustreznimi lastnostmi? To so vseka-

kor:

- izhodna struktura materiala brez napak, ki se odraža v enotni homogenosti,
- dobra obdelovalnost materiala,
- dobra odzivnost na toplotno obdelavo,
- dimenzijska stabilnost pri toplotni obdelavi,
- dobra kombinacija trdnosti in žilavosti in s tem zagotovljena odpornost na razpoke,
- dobra toplotna prevodnost,
- obrabna obstojnost,
- odpornost na toplotne obremenitve in vzdržnost.

Noben material nima vseh teh lastnosti, preizkušeni materiali, ki so na voljo za gravure pa so omejeni. Pomembnejši materiali so prikazani v tabeli 1. Še vedno je najbolj priljubljeno jeklo za izdelavo gravur jeklo tipa H11. Je eno najbolj žilavih jekel, ki je na voljo, saj je več kot 90% vseh gravur izdelanih iz tega jekla.

Maraging jekla imajo omejeno uporabo za gravure. Uporabljajo se takrat, kadar je zaželena večja stabilnost pri vzdrževanju temperatur orodja in kadar obraba ali erozija orodja predstavlja manjšo težavo.

W (volfram) in Mo (molibdenova) jekla, imenovana ognjevzdržne zli-

tine, so našla določen obseg uporabe v majhnih segmentih orodja, ko je vzdrževanje temperatur orodja in erozija resna težava. Ta jekla so zelo krhka in občutljiva na zareze. Imajo visoko toplotno prevodnost, kar bi lahko koristilo, kadar je potrebno hlajenje debelih sekcij ulitkov, ko sistem vodnega hlajenja ni primeren.

Jeklo H11 je še vedno delovno jeklo v industriji in zagotavlja zadovoljivo in učinkovito delovanje, če je pravilno toplotno obdelano in ustrezno nadzorovano v proizvodnji.

Vplivni dejavniki za oblikovanje matric orodij

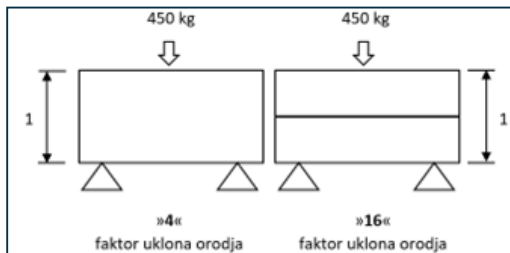
Pomanjkanje ustrezne izbire jekel

Livna orodja so dostikrat počila v kratkem obdobju obratovanja, včasih katastrofalno zaradi nezadostne količine primernih jekel. Ko je orodje v stroju, je izpostavljeno številnim obremenitvam, med katerimi so glavne tlaki vpenjanj in toplotne obremenitve. V obratovalnem ciklu se bo orodje upogibalo ali dihlo, količina upogibanj pa je odvisna od debeline matrice (orodja). Tanjša kot je matrica, večji je upogib. Razpoke se bodo pojavile na najšibkejših območjih ostrega polmera in se bodo z vsakim stiskom stopnjevale globlje. Pomeni, če se popravilo ne bo pravočasno izvedlo, se bo matrica popolnoma zlomila.

Nekateri napačno mislijo, da bo povečanje trdote matrice ali prehod na drugo jeklo zmanjšalo upogibanje. Plošče iz jekla iste debeline, vendar iz različnih vrst, se bodo upognile za enako velikost pri enaki obremenitvi. Tudi plošče iz istega jekla z različnimi trdotami bodo zavrnile obremenitve, ali pa se bodo upognile za enako velikost pod isto obremenitvijo. Povečati je treba debelino matri-

JEKLO	KEMIČNA SESTAVA									
	[%]									
	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	V	Co	Ti	Al
H11 W.Nr.:1.2343; DIN:X38CrMoV5-1; Utop Mo1	0,38	0,40	1,00	5,10	/	1,25	0,40	/	/	/
<u>Maraging</u> 250	0,02	0,10	0,10	/	18,3	5,00	/	8,00	0,40	0,10
<u>Maraging</u> 300	0,02	0,10	0,10	/	18,3	5,00	/	8,00	0,65	0,10
W jekla	~ 90 % W, ~ 4 % Ni, ~ 4 % Mo									
Mo jekla	~ 98 % Mo									

Tabela 1: Najbolj prisotni materiali za izdelavo gravurnih delov (matric) orodij za delo pri povišanih temperaturah | Vir: Source Book, 1982.



Slika 1: Primerjava uklona orodja med masivno in laminirano izvedbo pri enaki obremenitvi | Vir: Source Book, 1982.

ce, da se zmanjša njena poškodba. Podvojitve debeline jekla bo zmanjšala upogib za približno 85%.

Nekateri oblikovalci in izdelovalci modelov uporabljajo plošče iz drugega, morda cenejšega jekla, ki je bolj duktilno za podporo matric ali za povečanje njegove celotne debeline. To bo težavo še zapletlo. To tako imenovano zlaganje matric bo dejansko ustvarilo stanje, podobno stanju listnate vzmeti. Primer, prikazan na sliki 1, ponazarja, kako to načelo pogosto spregledano. Iz njega je razvidno, da **dve plošči, ki imata enako debelino kot ena plošča, dejansko upogneta štirikrat več** pri enaki obremenitvi.

Izogibanje ostrim prehodom

Čeprav večina oblikovalcev in izdelovalcev orodij zelo dobro ve, da ostri prehodi in oznake pomenijo večjo verjetnost, da se sproži pokanje, preveč orodij dandanes najde

Polmer na dnu zarez [In. /mm]* *1inch=25,4 mm	Udarna žilavost (po Izod-u) [ft. lbs./Joule; Nm]* *1ft.lbs=1,355818 Nm
0,002 /0,0508	4 /5,42
0,010 /0,254	7 /9,49
0,02 /0,508	16 /21,69
0,04 /1,016	19 /25,76
0,08 /2,032	22 /29,82
0,125 /3,175	27 /36,60
Brez zarez	240 /325,39

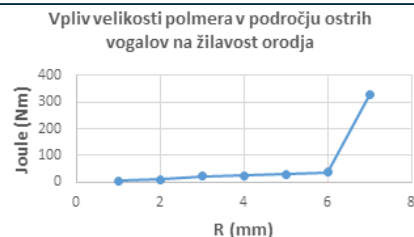
Slika 2: Odvisnost žilavosti orodja od velikosti polmera na ostrih prehodih | Vir: Source Book, 1982.

pot v servisno delavnico ali na odlagališče odpadnih orodij kmalu po začetku uporabe. Ostri koti, prikazani na načrtu, bi morali biti usklajeni s strani izdelovalcev matric, ker niso vedno zahtevani. Dostikrat slišimo v proizvodnih procesih, da so oblikovalci (konstrukterji) orodij tisti, ki nam v procesu »zagrenijo življenje«. Izraz nima pravega pomena besede, saj je mišljeno, da gre za neustrezno ali pomanjkljivo usklajenost med konstrukcijo orodij in tehnološkim procesom. Zelo je pomemben pogovor in uskladitev s konstrukcijo orodij, da se izognemo čim več ostrim prehodom in izvedemo maksimalne zaokrožitve. Torej je bistvenega pomena dober vpogled in poznavanje procesnih pogojev s strani konstrukcije orodij. Slika 2 nam prikazuje, kako se žilavost materiala povečuje z zagotavljanjem polmera.

Kot je razvidno, se žilavost orodja lahko poveča z zagotavljanjem ustreznega polmera oziroma z izogibanjem ostrim vogalom.

Izogibanje ostrim oznakam

Na ulitkih so zaradi identifikacije izdelka pogosto prikazane številke in črke. V takih primerih morajo biti le

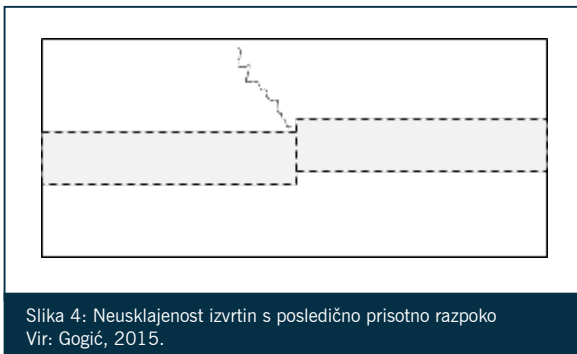


Slika 3: Intenziteta razpok v območju ostrih oznak na ulitkih | Vir: Gogić, 2015.

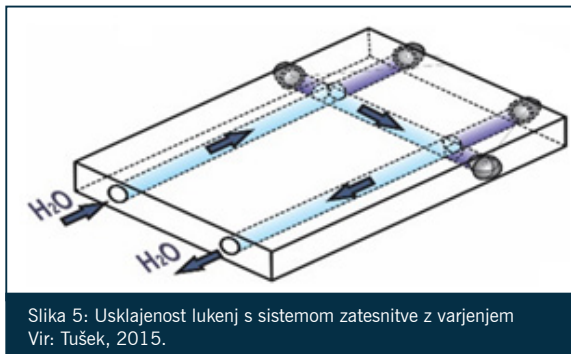
te oblikovane tako, da zagotavljajo največji možni polmer. V nasprotnem primeru bo matrica verjetno počila skozi dno ostre špranje, kot je prikazano na ulitkih (slika 3).

Usklajenost hladilnih kanalov

Vzrok za velike razpoke je včasih mogoče najti v konstrukciji hladilnih kanalov. Pri vrtnanju z nasprotnih strani se pogosto izvrtine ne stikata natančno, kar ima za posledico ostre vogale in vdolbine (slika 4). Najbolj preprost način izdelave hla-



Slika 4: Neuskajenost izvrtin s posledično prisotno razpoko
Vir: Gogić, 2015.



Slika 5: Usklajenost lukenj s sistemom zatesnitve z varjenjem
Vir: Tušek, 2015.

dilnih kanalov z vrtnjem in varjenjem (»izdelavo zamaškov«) nam prikazuje slika 5. Prav tako je treba poudariti, da morajo biti hladilne cevi gladke in brez sledi strojne obdelave. Ostre sledi strojne obdelave povzročajo napetost, tako kot ostri vogali, zato se jim je treba izogibati. Hladilni kanali pogosto počijo zaradi grobih sledi obdelovalnega orodja, kar je povzročilo okvaro matrice. V praksi je takšna izvedba dokaj zahtevna in je potrebna velika natančnost ter usposobljenost kadra kot tudi zato primerna oprema (slika 6).

Toplotna obdelava

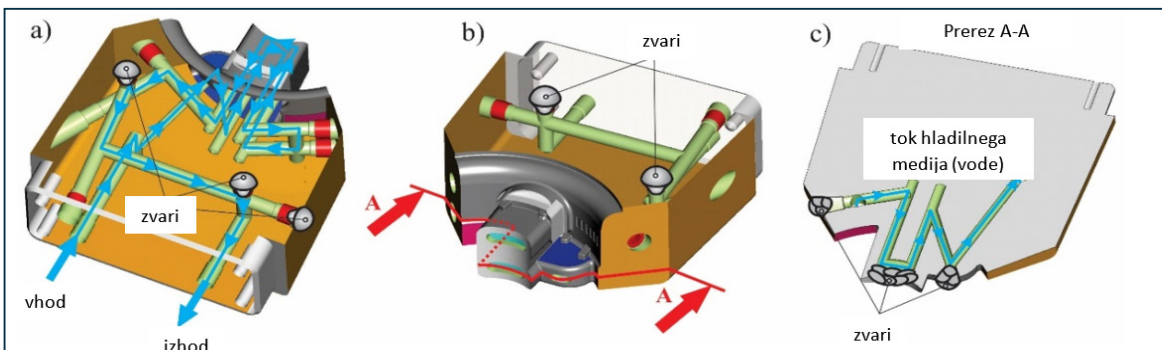
Ljudje v industriji se vse bolj zavedajo velikega pomena toplotne obdelave matric orodij v povezavi z njeno zmogljivostjo. Številni strokovnjaki

so mnenja, da je večina okvar matric posledica neustrezne toplotne obdelave. Toplotna obdelava livarskih orodij je bila vedno definirana kot kritičen del izdelave orodij.

Utrjevanje matric je nevaren postopek. Zasluži si veliko pozornosti in je nikoli ne bi smeli obravnavati kot nujno zlo. Brez tega posega so v takšnih procesih orodja dejansko popolnoma neuporabna. Obstaja star aksiom, ki pravi: »nobena matrica ni boljša od njene toplotne obdelave«, ki velja še danes. Prav tako je dober nasvet, da s toplotno obdelavo nikoli ne hitimo. Med toplotno obdelavo matrice se zgodi več pomembnih dogodkov, kot so spremembe dimenzij, ki jih je s pravilno toplotno obdelavo mogoče nadzorovati. Toplotna obdelava

je širok pojem in obravnava veliko posamezni postopkov. V članku bo omenjeno le poboljšanje, ki ima v začetni fazi izdelave orodja bistven pomen. Kot vemo gre za sestavljeno vrsto toplotne obdelave, ki sestoji iz kaljenja in popuščenja in se izvaja z namenom doseganja ustrezne kombinacije lastnosti (R_m , HRC, A, R_e , A, KV) oziroma tistih lastnosti, ki so za uporabnost in namen posameznega materiala pomembne.

O pravih tretmajih toplotne obdelave orodij je veliko napisanega pomembno pa je, da vemo kaj se lahko zgodi, če le te ne izvajamo ustrezno. Ko se matrica segreje, se naravno razširi glede na svoj koeficient razteznosti. Med hitrim segrevanjem se tanjši deli matric segrejejo hitreje kot debelejši in se tudi



Slika 6: Praktični primer hladilnih kanalov v delih orodja za litje Al zlitin. | Vir: Tušek, 2015.

hitreje razširijo. Ko se segrevanje nadaljuje, tanjši deli matric dosežejo kritično temperaturo. Zato se bodo dejansko skrčili, ko gredo skozi strukturne spremembe, debelejši deli pa se bodo razširili. Napetosti v materialu so večje od meje tečenja jekla, kar povzroči popačenje oziroma deformacijo. Pravzaprav so lahko napetosti celo večje od natezne trdnosti ali končne trdnosti jekla kar povzroči, da matrica počni na strukturnem prehodu med tanjšim in debelejšim področjem. Da bi preprečili deformacijo ali razpoke med segrevanjem zapletene matrice, jo je treba segrevati počasi, tako da so tanjši deli vedno pri/bližje konstantni temperaturi.

Vsekakor poleg poboljšanja kot sestavljene obdelave, moramo upoštevati, da določene napetosti v orodjih eskalirajo že v fazi tehnologije grobe mehanske obdelave matric. Zato je potrebno opraviti žarjenje za odpravo notranjih napetosti. Izvaja se v temperaturnem območju 600 - 650°C, 2 ali 3 ure pri temperaturi z upoštevanjem počasnega segrevanja in ohlajanja. Priporočila, katerih je dobro, da se držimo kažejo, da je potrebno upoštevanje dodatka za končno mehansko obdelavo matric na račun pojava določene stopnje napetosti v orodju. Ta se v večji meri upošteva po grobi obdelavi matric

pred kaljenjem, po kaljenju pa najmanj okoli 0,2% od velikosti kosa povzeto v vseh smereh.

a. Kaljenje matric

Pomembno je, da uporabimo stopnjsko segrevanje. Pomeni, da jih pri vsaj dveh temperaturah zadržimo toliko časa, da se temperatura orodja izenači po celotnem preseku. Ti temperaturi sta največkrat 650 in 850°C. Za izvedbo tega so najbolj primerne vakuumske peči ali peči z zaščitno atmosfero in stopnjskem ogrevanjem. Orodje segrevamo tako, da je to čim bolj enakomerno, po možnosti računalniško nadzorovano. Nato zadrževanje orodja pri kalilni temperaturi 1000 - 1030°C predpisani čas, odvisno od preseka. Ohlajamo s plinom (v vakuumski peči), v olju ali solni kopeli (odvisno od oblike in velikosti orodja ter temperature avstenitizacije).

b. Popuščanje

Postopku kaljenja, ko je temperatura orodja še 50 - 70°C, takoj sledi popuščanje pri temperaturi 550 - 700°C. To traja po izenačitvi temperature običajno 1 uro za vsakih 10 - 15 mm debeline, najmanj pa 3 ure. Med prvim in drugim popuščanjem orodje ohladimo do sobne temperature. Ohlajanje naj poteka na zraku in nikoli v peči, saj počasno ohlajanje lahko povzroči krhkost

jekla. Drugo popuščanje se izvede z enakim časom pri 20 - 50 °C nižji temperaturi. Popuščamo vedno najmanj dvakrat in nikoli ne smemo zamenjati drugega popuščanja z nitriranjem ali katero drugo obdelavo (slika 7).

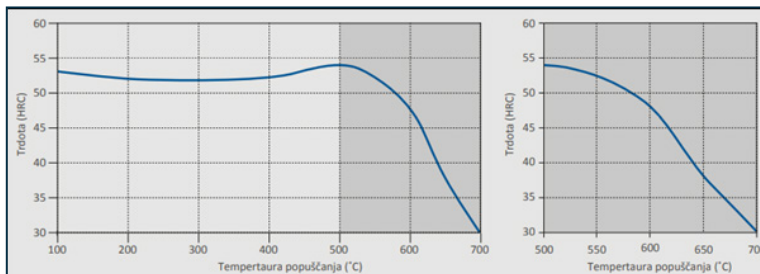
Čeprav poznamo nekaj metod za izboljšanje kakovosti površine orodij, ki zmanjšujejo vzroke pojava napak na površini orodij, je po izkušnjah in z livarskega stališča najbolj priporočljivo nitriranje. S tem zelo povečamo trdoto površine, preprečimo nalepljanje tekoče taline na stene orodja in maksimalno izboljšamo obstojnost proti obrabi. Če nitriranje orodja ni izvedljivo, je vsekakor smiselno nitrirati vsaj tiste dele orodja, ki so najbolj izpostavljeni vročim conam in obrabi, kar bi lahko pripomoglo zmanjšanju nevarnosti površinskih poškodb orodja v fazi produkcije.

ZAKLJUČEK

Članek nam je podal nekaj bistvenih vpogledov v odprte nevarnosti dogajanj v orodjih, ki lahko privedejo do ogromne škode v proizvodnih procesih vključujoč ne kakovost izdelkov kot tudi samo porušitev orodja. S pedagoškega stališča bodo bralci dobili določena spoznanja na kaj moramo biti pozorni že v konstrukcijski zasnovi orodij, ustvarjanjem pogojev za pravilno funkcionalnost, kaj pomeni ustrezna izbira materiala kot tudi kombinacija lastnosti doseženih z pravilno izvedeno toplotno obdelavo. Predstavljeni so le nekateri vzroki najpogostejših napak zavedajoč se, da so prisotne vsekakor še nekatere druge, ki so povezane z procesnimi pogoji in vplivi delovanja medija, ki vstopa v notranjost matric.

VIRI:

- (1) Source Book. (1982). Tool and Die Failures. Chicago: Illinois Institute of Technology.
- (2) Tušek, M. (2015). Interno gradivo MLM. Ljubljana: TKC, d.o.o..
- (3) SIJ Ravne Steel Center. (24. junij 2018). Orodno jeklo za delo v vročem. Pridobljeno iz: <http://sij.rsc.si/assets/rsc-ravne-x-rs400-catalogue-slo-web.pdf>.
- (4) Gogić, D. (avgust 2011). Izdelava in vzdrževanje livarskih orodij za kokilno litje. IRT 3000-34, 38-39. Interno gradivo podjetja.



Slika 7: Diagram popuščanja jekla H11
Vir: SIJ Ravne Steel Center, 2018.

Prilagodljivo stojalo za volan za simulacijo vožnje

POVZETEK

V članku je prikazano konstruiranje in izdelava prilagodljivega stojala za volan za simulacijo vožnje. Stojalo je nastavljivo na različne načine. Nastavljiva je višina volana ter nagib pedalov. Stojalo se skupaj z volanom uporablja za igranje računalniških iger.

ABSTRACT

The article presents the design and construction of an adjustable stand for a steering wheel used in driving simulation. The stand is adjustable in various ways, including the height of the steering wheel and the angle of the pedals. The stand, together with the steering wheel, is used for playing computer games.

UVOD

Na tržišču je veliko takšnih stojal, katerih cene se začnejo pri 150€. To nas je privedlo, da sami izdelamo stojalo za volan za simulacijo vožnje. Stojalo je zložljivo, kar nam prihrani prostor ob neuporabi. Na sliki 1 je prikazan začetni model stojala za volan narisan v programskem paketu v SolidWorks 2023.

Zadani cilji glede prilagodljivega stojala za volan za simulacijo vožnje:

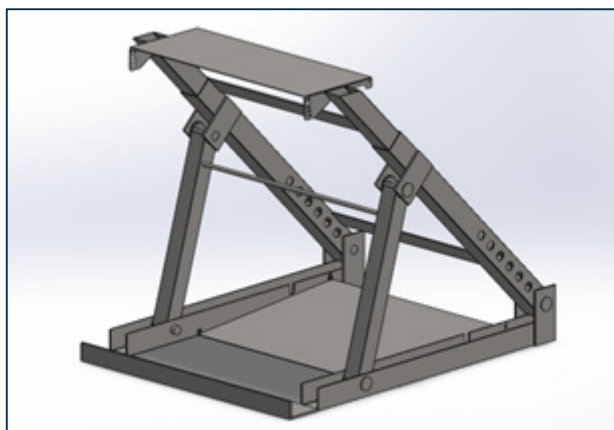
1. da je volan nastavljiv po višini,
2. da so pedali nastavljivi po naklonu,

3. da je stojalo stabilno,
4. da je zložljivo
5. da je (po možnosti) cenejše od nabavljenega.

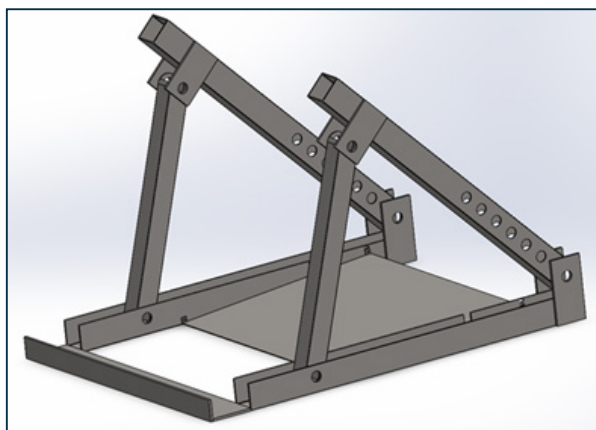
Prilagodljivo stojalo za volan za simulacijo vožnje je bilo modelirano v programskem paketu SolidWorks. Najprej so bili posamezno zmodelirani profili, palice in plošče. Za posamezne sestavne dele, katere smo modelirali, smo predhodno oziroma sproti preverjali, če obstajajo oziroma so dobavljivi v želenih dimenzijah pri različnih spletnih železninah. Glede na to smo tudi prilagodili

model. Nato smo izdelal še sestav (assembly), kjer smo te profile tudi sestavili. Za vse posamezne dele stojala smo nato izdelal tudi načrte. Srednji del prilagodljivega stojala za volan za simulacijo vožnje ima skupaj z zgornjim delom funkcijo, da lahko nastavljam višino volana (slika 2).

Prilagodljivo stojalo za volan za simulacijo vožnje je po večini izdelano iz različnih tankostenskih jeklenih cevi in profilov različnih dimenzij. Profili in cevi so odrezani na želeno dolžino s pomočjo kotnega brusilni-



Slika 1: Model stojala | Vir: lasten (2025).



Slika 2: Model srednjega in spodnjega dela | Vir: lasten (2025).

dr. Jernej Šenveter,
univ. dipl. gosp. inž.
profesor
Srednja strojna šola
Tehniškega šolskega
centra Maribor

Urban Šuster
dijak SSI | strojni tehnik
Srednja strojna šola
Tehniškega šolskega
centra Maribor

ka ali s pomočjo tračne žage. Nekateri profili so zavarjeni, drugi pa "povezani" s pomočjo sornikov, ki skrbijo, da se prilagodljivo stojalo za volan lahko zloži. Predhodno odrezani plošči za pedale in za pritrditev volana sta na konstrukcijo pritrjeni s pomočjo matic in vijakov. Zaradi uporabe razstavljivih zvez z maticami in vijaki je plošča, na katero se pritrdi volan, nastavljiva po nagibu, tako kot tudi plošča, na kateri so pedali.

Prilagodljivo stojalo za volan za simulacijo vožnje (slika 3) smo izdelali v naslednjih korakih:

1. Modeliranje v SolidWorks 2023.
2. Nakup materiala.
3. Razrez materiala.
4. Vrtanje.
5. Brušenje.
6. Varjenje in sestavljanje razstavljivih vijačnih zvez.

Stroški celotnega projekta skupaj z barvanjem so znašali cca. 120€. S tem smo zelo zadovoljni, saj se cene bolj preprostih stojal začnejo pri okoli 150€. Takšno prilagodljivo stojalo za volan za simulacijo vožnje stane približno 210€. Stroški za projekt so predstavljeni v tabeli 1.

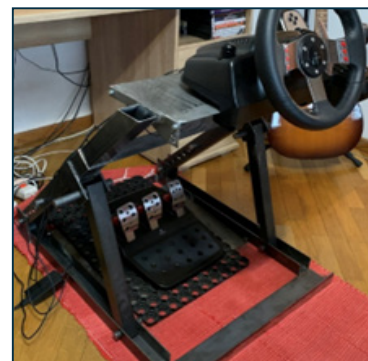
Skozi projekt smo se naučili veliko novega, saj smo med modeliranjem in izdelavo naleteli na kar nekaj težav, ki smo jih uspešno rešili. Dosegli smo cilj, da se prilagodljivo stojalo za volan za simulacijo vožnje da zložiti, kar je razvidno iz slike 3. Prav tako smo za prilagodljivo stojalo za volan za simulacijo vožnje porabili 120€, tako da smo ga uspeli izdelati ceneje, kot pa če bi kupili neko prilagodljivo stojalo za volan. Zelo smo zadovoljni s prilagodljivim stojalom za volan za simulacijo vožnje, saj dobro služi svojemu namenu (slika 4).

ZAP. ŠT.	MATERIAL:	KOS:	CENA
1	U-PROFIL 50X50X1000	2	17,87€
TANKOSTENSKE ŽELEZNE CEVI:			
2	50X50X1000	2	11,00€
3	45X45X1000	2	10,54€
4	40X40X1000	1	4,50€
PLOŠČATO ŽELEZO:			
5	60X5X1000	1	5,11€
6	80X5X1000	1	6,92€
7	40X5X1000	1	3,46€
8	40X4X1000	2	5,39€
9	PALICA Ø10X1000	1	1,33€
10	PALICA Ø20X1000	1	5,62€
PLOČEVINE DEBELINE 1.5MM:			
11	500X200	1	2,85€
12	200X130	1	0,74€
13	500X410	1	5,86€
			81,19€
	+POŠTNINA (23,28€)		104,47€
	BARVE	3	14,86
SKUPAJ			119,33€

Tabela 1: Stroški prilagodljivega stojala za volan za simulacijo vožnje
Vir: lasten (2025).



Slika 3: Prilagodljivo stojalo za volan za simulacijo vožnje | Vir: lasten (2025).



Slika 4: Prilagodljivo stojalo za volan za simulacijo vožnje in njegova uporaba.
Vir: lasten (2025).

Pridobivanje litija na planini Golica (Koralpe)

POVZETEK

Prispevek obravnava projekt pridobivanja litija na planini Koralpe (Golica), ki predstavlja strateško pomemben vir tega kritičnega elementa za evropsko gospodarstvo, zlasti za baterijsko industrijo in širši energetski prehod. Projekt, ki ga vodi avstralsko-ameriško podjetje European Lithium, pa se sooča s številnimi izzivi, vključno s finančno strukturo, okoljskimi vplivi ter logističnimi vprašanji. Njegova uspešna realizacija bi lahko bistveno prispevala k zmanjšanju evropske odvisnosti od uvoza litija iz tretjih držav, vendar so vprašanja financiranja in okoljskih dovoljenj še vedno odprta.

ABSTRACT

This article analyzes the lithium extraction project on Koralpe (Golica), which is a strategically important source of this critical raw material for the European economy, particularly for the battery industry and the broader energy transition. The project, led by the Australian-American company European Lithium, faces multiple challenges, including financial structuring, environmental concerns, and logistical issues. Its successful implementation could significantly reduce Europe's dependence on lithium imports from third countries; however, questions regarding funding and environmental approvals remain unresolved.

UVOD

Litij je ena ključnih surovin sodobne industrije, zlasti zaradi svoje vloge v litij-ionskih baterijah, ki poganjajo električne avtomobile, shranjujejo energijo iz obnovljivih virov in omogočajo napredne električne infrastrukture.

Globalno povpraševanje po litiju raste eksponentno, pri čemer Evropska unija načrtuje postopno ukinitve motorjev z notranjim izgorevanjem do leta 2035. Zaradi tega je evropska preskrba s to kritično surovino postala strateška prioriteta.

Projekt European Lithium, ki je osredotočen na rudarjenje litija na Koralpah, je eden redkih tovrstnih projektov v Evropi. Čeprav so zaloge litija na Koralpah znane že desetletja, so postale ekonomsko zanimive šele s povečanjem povpraševanja in posledičnim skokom cen surovine.

EKONOMSKO OZADJE IN FINANČNA STRUKTURA PROJEKTA

Leta 1992 so bile rudarske pravice na Koralpah prodane za simboličen znesek enega avstrijskega šilinga. Leta 2011 so avstralski investitorji te pravice odkupili za deset milijonov evrov in jih prenesli na podjetje European Lithium AT Limited, hčerinsko družbo European Lithium, registrirano na Deviških otokih. V zadnjem desetletju se je vrednost teh pravic znatno povečala, kar je pripeljalo do odločitve o uvrstitvi na ameriško borzo Nasdaq.

Za financiranje projekta je bilo predvideno združitev European Lithium AT Limited z borzno lupino, kar je pripeljalo do ustanovitve podjetja Critical Metals Corporation s predvideno začetno tržno kapitalizacijo 972 milijonov dolarjev. European Lithium obdrži 80-odstotni delež v novi entiteti, preostanek pa pripada delničarjem borzne lupine.

TEHNOLOŠKI POSTOPKI IN LOGISTIČNE ODLOČITVE

Prvotno je bilo načrtovano, da bo ruda predelana v litijev hidroksid na Koroškem, vendar so zaradi visokih energetskih stroškov te načrte opustili. Namesto tega je bil podpisan dogovor s savdsko-arabskim podjetjem Obeikan, kjer bo potekala končna predelava. Skupno vlaganje v predelovalno infrastrukturo, ocenjeno na 360 milijonov dolarjev, bo financirano v razmerju 50:50 med European Lithium in savdskimi partnerji.

RUDARSKI NAČRTI IN PRODUKTIVNOST

Rudnik naj bi obratoval 15 let, pri čemer naj bi bilo iz približno 12 milijonov ton rude pridobljenih 129.000 ton čistega litija. Ob trenutnih cenah litija, ki znašajo okoli 30.000 dolarjev na tono (s preteklimi vrhovi do 80.000 dolarjev), projekt ponuja znatne ekonomske priložnosti. Kljub temu ostajajo tve-

VIRI:

- (1)
Zeit Online. (2023). Lithium aus der Kärntner Koralpe: Ein saudi-arabischer Plan in den Alpen. Pridobljeno iz: <https://www.zeit.de/2023/54/lithium-kaerntner-koralpe-saudi-arabien>.
- (2)
Der Standard. (2023). Lithium von der Koralpe: Erzabbau soll 2025 beginnen. Pridobljeno iz: <https://www.derstandard.at/story/3000000173008/lithium-von-der-koralpe-erzabbau-soll-2025-beginnen>.
- (3)
Der Standard. (2023). Lithium-Abbau auf Koralpe stockt wegen fehlenden Geldes noch immer. Pridobljeno iz: <https://www.derstandard.at/story/3000000232119/lithium-abbau-auf-koralpe-stockt-wegen-fehlenden-geldes-noch-immer>.

ganja, povezana z volatilitnostjo trga in negotovostjo glede dolgoročnih cen surovine.

IZZIVI OKOLJSKEGA VPLIVA

Okoljske posledice rudarjenja litija so pogosto predmet razprav. Ključna skrb pri projektu na Koralpah je vpliv na vire pitne vode. Lokalni prebivalci in okoljevarstvene organizacije izražajo bojazen, da bi miniranje lahko povzročilo spremembe v podtalnici, kar bi vplivalo na vodne vire tisočev ljudi na avstrijskem Štajerskem.

Okoljevarstvena presoja (UVP) je bila že opravljena in je projektu pričgala zeleno luč, vendar imajo nevladne organizacije in občine še vedno možnost pritožbe, kar lahko vodi v nadaljnje zamude. Ker rudarski projekt potrebuje tudi dodatna upravna

dovoljenja, je začetek rudarjenja v letu 2025 pod vprašajem.

GEOPOLITIČNI IN INDUSTRIJSKI POMEN

Evropska unija pospešeno išče rešitve za zmanjšanje odvisnosti od uvoza kritičnih surovin, predvsem iz Kitajske in Južne Amerike. Evropski surovinski sklad in druge pobude za razvoj lastnih virov so pomembne za zagotovitev stabilne oskrbe s surovinami, vendar brez ustreznih vlaganj evropski projekti težko konkurirajo globalnim rudarskim velesilam.

Zaradi visokih stroškov energije in dolgotrajnih administrativnih postopkov Evropa še vedno ni optimalno okolje za razvoj energetske intenzivne industrije, kot je predelava litija. Premik European Lithium v Savdsko Arabijo odraža širši trend

selitve težke industrije v regije z nižjimi operativnimi stroški in ugodnejšimi investicijskimi pogoji.

ZAKLJUČEK

Projekt rudarjenja litija na Koralpah je eden izmed ključnih poskusov zagotavljanja lastne oskrbe Evrope s to ključno surovino. Kljub izjemnemu potencialu in visokemu tržnemu zanimanju ostajajo odprta vprašanja glede financiranja, okoljskih vplivov in regulatornih postopkov. Glede na pretekle zamude in trenutne izzive je vprašljivo, ali bo projekt resnično operativen v načrtovanem časovnem okviru. Kljub temu ostaja evropska potreba po litiju velika, kar pomeni, da bo projekt, če bo uspešen, pomembno prispeval k preoblikovanju evropske industrijske krajine in energetske neodvisnosti.

Primerjava opisov postopkov spajkanja v treh različnih tehnoloških učbenikih

POVZETEK

Obstaja veliko strokovne literature na področju kovinarstva in strojništva in malone v vseh tovrstnih publikacijah lahko najdemo poglavje z opisi postopkov za obdelavo in predelavo kovin in kovinskih ter nekovinskih materialov. Zanimivo je narediti primerjavo med opisi enega in istega postopka kot se pojavljajo v različnih publikacijah ter razčleniti opise glede na njihov obseg in natančnost.

ABSTRACT

There is a lot of specialized literature in the field of metalworking and mechanical engineering, and in all these publications we find a basic chapter containing descriptions of various procedures used for the processing of metals, as well as metallic and non-metallic materials. It is interesting to compare various descriptions of one and the same procedure as they appear in different publications and to break down these descriptions with regard to their scope and accuracy. And this is the very purpose of this article.

UVODNE PREDPOSTAVKE

V različnih učbenikih, namenjenih

poučevanju strokovnih predmetov na področju kovinarstva in strojni-

štva ter mehatronike lahko naletimo na opise različnih obdelovalnih

postopkov. Ob tem se poraja vprašanje, ali in v kolikšni meri se opisi postopkov v učbenikih, ki izhajajo iz različnih časovnih obdobj, med seboj razlikujejo. Spričo vse hitrejšega razvoja sodobnih tehnologij lahko namreč predpostavljamo, da tudi avtorji omenjenih učbenikov operirajo z različnimi izrazi za taiste postopke in se opisovanja le teh lotevajo na različne načine glede na namen uporabe.

Namen pričujočega članka je primerjati splošne definicije oziroma splošne uvodne opise spajkanja in opise postopkov mehkega spajkanja kot so navedeni v treh učbenikih oz. publikacijah, namenjenih izobraževanju na področju strojništva in kovinarstva ter mehatronike, in sicer v naslednjih:

- Dubbels Taschenbuch für den Maschinenbau iz leta 1956,
- Technologie für Metallberufe - Grundlagen iz leta 1989, in
- Fachkunde Mechatronik iz leta 2005.

Predpostavljamo lahko, da se bodo med opisi postopkov spajkanja v omenjenih treh učbenikih pojavile naslednje razlike:

- razlike v obsegu opisov postopkov mehkega spajkanja,
- vsebinske razlike v opisih samega postopka.

PRIMERJAVA OSNOVNIH OPISOV SPAJKANJA

V tehnološkem priročniku Dubbels Taschenbuch für den Maschinenbau je spajkanje kot širša skupina postopkov definirano in v grobem orisano takole:

»Beim Lötens werden zum Verbinden zweier metallischer Werkstücke metallische Bindemittel (Lote)

geschmolzen, die Legierungen eingehen. Vorgang wird durch ein Flußmittel gefördert. Während beim Schweißen eine möglichst homogene Verbindung angestrebt wird, bildet Lot eine Metallbrücke.« (Pri spajkanju se v spoj dveh kovinskih obdelovancev stopijo kovinska veziva (spajke), ki ob tem tvorijo zlitino. Proces spodbuja talilo. Medtem ko je namen varjenja ustvariti čim bolj homogeno povezavo, pa spajka tvori kovinski most.) (Sass & Bouché, 1956).

V učbeniku Technologie für Metallberufe – Grundlagen pa naletimo na naslednji splošni opis spajkanja: »Löten ist ein Verfahren zum Verbinden metallischer Werkstoffe mit Hilfe eines geschmolzenen Lotes. Es entsteht eine unlösliche, stoffschlüssige Verbindung. Sie ist glatt und sauber und bedarf deshalb keiner Nacharbeit.«

(Spajkanje je postopek spajanja kovinskih materialov z uporabo staljene spajke. Nastane neločljiva, kohezivna povezava. Je gladka in čista, zato je ni treba naknadno obdelovati.) (Baur, Beilschmidt, & Eichenauer, 1989).

V učbeniku Fachkunde Mechatronik pa je spajkanje kot splošen skupek postopkov opisano z naslednjimi besedami:

»Durch das Löten lassen sich Metalle mittels Stoffschluss unlösbar miteinander verbinden. Die Grundwerkstoffe und ein leicht schmelzender Zusatzstoff, das Lot, werden auf die Arbeitstemperatur des Lotes erwärmt. Dabei bleibt der Werkstoff der zu verbindenden Teile im festen Zustand und das Lot wird flüssig. Beim Abkühlen erstarrt das Lot und verbindet die zusammengelegten Bauteile. Der Einsatzbereich des Lötens reicht von der

handwerklichen Reparatur bis zur Massenfertigung.«

(S spajkanjem so kovine s snovnim spojem neločljivo spojene skupaj. Osnovni materiali in talilni dodatek z nizkim tališčem – spajka, se segrejejo na delovno temperaturo spajke. Material delov, ki jih tako povezuje, ostane trden, spajka pa postane tekoča. Ko se ohladi, se spajka strdi in poveže sestavljene komponente. Področje uporabe spajkanja sega od ročnih popravil do množične proizvodnje.) (Bartenschlager, Hebel, & Klatt, 2005).

Medtem ko gre pri navedku iz priročnika Dubbels Taschenbuch für den Maschinenbau zgolj in samo za kratek in jednat opis postopka, pa iz navedka iz učbenika Technologie für Metallberufe – Grundlagen še dodatno izvemo, da je povezava, ki jo ustvarimo z lotanjem, neločljiva in da gre za kohezivno oz. snovno povezavo, ki da je gladka in čista in je ni potrebno naknadno obdelovati ali dodelovati. Še najbolj izčrpen pa je oris postopka spajkanja v učbeniku Fachkunde Mechatronik, iz katerega izvemo, da se osnovni materiali in talilni dodatek z nizkim tališčem znan kot spajka segrejejo na delovno temperaturo spajke. Nadalje še dodatno izvemo, da material delov, ki jih tako povezuje, ostane trden, medtem ko spajka postane tekoča. Izvemo tudi, da se spajka ob ohladitvi strdi in poveže sestavljene komponente. Pričujoči oris postopka pa se za razliko od obeh prejšnjih dotakne tudi področij uporabe spajkanja, o katerih beremo, da sega od ročnih popravil do množične proizvodnje.

Vidimo torej, da je vsebinsko in jezikovno najbogatejši opis spajkanja v učbeniku Fachkunde Mechatronik.

PRIMERJAVA OPISOV POSTOPKA MEHKEGA SPAJKANJA

V nadaljevanju prispevka si bomo ogledali, kako avtorji v omenjenih publikacijah podajajo opis enega izmed postopkov spajkanja, in sicer tako imenovano mehko spajkanje.

V tehnološkem priručniku Dubbels Taschenbuch für den Maschinenbau o omenjenem postopku beremo:

»Zum Weichlöten von Schwermetallen benutzt man leicht schmelzbare Lote, deren Schmelzpunkt unter dem von Blei (325°) liegt (wie Zinnlote). In DIN 1730 (Weichlote für Schwermetalle) sind gebräuchliche Lote und Anwendungsbereiche festgelegt. Tiefsten Schmelzpunkt (185°) besitzt Zinnlot L s n 60 mit 60% Zinn, 3% Antimon, Rest Blei (Sicker-Lot). Meistgebräuchliches Zinnlot enthält 50% Zinn, Schmelzpunkt etwa 200°. Wichtige Flußmittel sind Zinkchlorid (Lötwater) und Lötpasten, welche die Lötstellen metallisch rein halten.«

(Za mehko spajkanje težkih kovin se uporabljajo lahko taljive spajke, katerih tališče je pod svinčem (325°C) (kot kositrne spajke). Standard DIN 1730 (mehke spajke za težke kovine) določa običajne spajke in področja uporabe. Kositrna spajka L s n 60 s 60 % kositra, 3 % antimona, in preostankom iz svinca (pronicaojoča spajka) ima najnižje tališče (185°). Najpogosteje uporabljena kositrna spajka vsebuje 50 % kositra, nje-no tališče pa znaša približno 200°C. Pomembna talila so cinkov klorid (spajkalna tekočina) in spajkalne paste, ki ohranjajo spajkalne spoje kovinsko čiste). (Sass & Bouché, 1956).

V učbeniku Technologie für Metallberufe- Grundlagen pa je postopek mehkega spajkanja opisan z nasle-

dnjimi besedami:

»Beim Löten wird mit einem Brenner die Verbindungsstelle erwärmt. Welche Temperaturen sind geeignet?

Man unterscheidet zwei Bereiche:

– Weichlöten (unter 450°C)

– Hartlöten (über 450°C)

Zum einen entscheidet die Schmelztemperatur des Grundwerkstoffs darüber, ob Hart- oder Weichlöten in Betracht kommt, zum anderen die geforderte Festigkeit der Verbindung.

Für das Weichlöten und für das Hartlöten werden unterschiedliche Flußmittel und Lote verwendet.«

(Pri spajkanju se mesto spajanja segreje z gorilnikom. Katere temperature so primerne?)

Razlikujemo dve področji:

– mehko spajkanje (pod 450°C)

– trdo spajkanje (nad 450°C)

Po eni strani tališče osnovnega materiala odloča o tem, ali pride v poštev trdo ali mehko spajkanje, po drugi strani pa tudi zahtevana trdnost spoja.

Za mehko in trdo spajkanje se uporabljajo različna talila in spajke.) (Baur, Beilschmidt, & Eichenauer, 1989).

V učbeniku Fachkunde Mechatronik pa je postopek mehkega spajkanja opisan z naslednjimi besedami:

»Beim Weichlöten ist die Verbindungsstelle weich und nicht für große Kraftübertragungen geeignet. Dieses liegt an der niedrigen Arbeitstemperatur, bei der sich nur eine geringe Legierungsschicht bilden kann. Außerdem ist die Festigkeit der hauptsächlich verwendeten Blei-Lote gering. Die niedrige Arbeitstemperatur macht die Lötnaht sehr wärmeempfindlich. Durch Weichlöten werden daher nur selten Eisenwerkstoffe verbunden. Bei Kupfer, Zinn, Zink und deren

Legierungen wird Weichlöten sehr häufig zum Verbinden und Abdichten eingesetzt. Das Einlöten elektronischer Bauelemente erfolgt im Weichlötvfahren.«

(Pri spajkanju je mesto spoja mehko in ni primerno za prenos velikih sil. To je posledica nizke delovne temperature, pri kateri lahko nastane le majhna plast (povezovalne) zlitine. Poleg tega je trdnost večinoma uporabljenih svinčenih spajk nizka. Zaradi nizke delovne temperature je spajkalni šiv zelo občutljiv na vročino. Železni materiali se zato redko spajajo z mehkim spajkanjem. Mehko spajkanje se pogosto uporablja za povezovanje in tesnjenje bakra, kositra, cinka in njihovih zlitin. Elektronske komponente so spajkane s postopkom mehkega spajkanja.) (Bartenschlager, Hebel, & Klatt, 2005).

Med navedenimi tremi opisi mehkega spajkanja obstajajo bistvene vsebinske razlike. Opis naveden v Dubbels Taschenbuch für den Maschinenbau se v dobršni meri posveča samim materialom, ki se uporabljajo pri mehkem spajkanju, pri čemer so natančno navedene lastnosti predpisanih spajk in njihova vsebinska sestava, navedene pa so tudi pomožne snovi, ki se v postopku uporabljajo. Pričujoči navedek sicer ne vsebuje nobenega opisa postopka mehkega spajkanja, marveč poleg navedbe, da se mehko spajkanje uporablja za spajanje težkih kovin še navedbo materialov, ki se pri tem postopku uporabljajo in njihovo sestavo ter lastnosti (tališče ipd.). Omenjen je tudi standard DIN 1730, ki predpisuje materiale za mehko spajkanje težkih kovin.

Tudi iz opisa v učbeniku Technologie für Metallberufe – Grundlagen ne izvemo nič o poteku samega

postopka mehkega spajkanja, marveč naletimo najprej na le splošen opis postopka spajkanja, o katerem beremo, da se pri spajkanju mesto spajanja segreje z gorilnikom, nakar sledi informacija, da pri razlikovanju med mehkim in trdim spajkanjem igra odločilno vlogo delovna temperatura, saj da pri spajkanju pod delovno temperaturo 450°C govorimo o mehkem spajkanju, pri spajkanju nad omenjeno delovno temperaturo pa o trdem spajkanju. Sledi informacija, da pri delitvi postopka spajkanja na mehko in trdo spajkanje poleg delovne temperature igra odločilno vlogo tudi tališče osnovnega materiala, pa tudi trdnost spoja. Slednjič v tem opisu preberemo, da se za mehko in trdo spajkanje uporabljajo različna talila in spajke. Tudi tukaj torej ni naveden noben opis ne postopka mehkega ne trdega spajkanja.

Niti tretji opis – tisti iz učbenika Fachkunde Mechatronik – ne opisuje postopka mehkega spajkanja, marveč se osredotoča predvsem na fizične lastnosti na tak način nastalega mesta spoja, o katerem izvedemo, da je mehko in neprimerno za prenos velikih sil, za kar gre iskati vzroke v nizki delovni temperaturi, pri kateri lahko nastane le majhna plast povezovalne zlitine. Iz pričujočega navedka nadalje izvedemo, da je trdnost večinoma uporabljenih svinčenih spajk nizka in da je zaradi nizke delovne temperature spajkalni

šiv zelo občutljiv na vročino. Sledi ugotovitev, da se železni materiali zato le redko spajajo z mehkim spajkanjem. Navedek se zaključi s podatkom, da se mehko spajkanje pogosto uporablja za povezovanje in tesnjenje bakra, kositra, cinka in njihovih zlitin in da se elektronske komponente spajkajo s postopkom mehkega spajkanja.

ZAKLJUČNE UGOTOVITVE

Ugotovimo lahko, da med omenjenimi tremi publikacijami obstajajo vidne razlike pri njihovem opisovanju spajkanja na splošno in opisi mehkega spajkanja. Vzroke za to gre v prvi vrsti iskati v vrsti posamezne publikacije in ne toliko v letu njene izida oz. njeni starosti.

– Pri publikaciji Dubbels Taschenbuch für den Maschinenbau ne gre za učbenik v pravem pomenu besede, marveč za priročnik namenjen strojnikom oz. strojniški priročnik, ki poleg številnih ilustracij vsebuje številne preglednice in oznake, polne kratic in simbolov. Informacije so podane večidel na kratek, jednat in faktografski način, namenjen hitremu iskanju in uporabi informacij, z množično uporabo števil, odstotkov in formul za izračun določenih količin in vrednosti. Nič čudnega torej, če poleg kratke in jednate definicije spajkanja na splošno v opisu mehkega spajkanja naletimo na natančne navedbe sestave spajk in nekaterih tališč.

– Pri publikaciji Technologie für Metallberufe – Grundlagen že sam podnaslov »Grundlagen« pove, da gre za učbenik, ki ni namenjen detajlnemu opisovanju strokovnih področij, marveč poučevanju osnov temeljnih področij kovinarstva. Tako niti opis postopka spajkanja niti opis postopka mehkega spajkanja nista izčrpna, saj se navajata le dva odločujoča dejavnika pri razlikovanju med mehkim in trdim spajkanjem, in sicer delovna temperatura in trdnost spoja. Vse ostale informacije v zvezi z materiali, ki se uporabljajo pri posamezni vrsti spajkanja, pa je potrebno razbrati iz tabel, ki so navedene na taisti strani omenjenega učbenika.

– Publikacija Fachkunde Mechatronik pa je sodoben in izčrpen učbenik, ki postopek spajkanja na splošno sicer precej na široko definira, dasiravno postopka mehkega spajkanja kot takega ne opisuje. Je pa res, da so v nadaljevanju poglavja navedene nekatere informacije o postopku spajkanja na splošno. Le nekoliko nižje v besedilu zasledimo podatek, katere spajke se uporabljajo za mehko in katere za trdo spajkanje.

Ni pa moč v pričujočih opisih naleteti na navedbe, ki bi nakazovale na različna obdobja nastanka samih opisov. Vsi podatki še zmeraj držijo.

dr. Andrej Podbrežnik
predavatelj
Višje strokovne šole
Tehniškega šolskega
centra Maribor

VIRI:

(1)
Sass, F., & Bouché, Ch. (1956). Taschenbuch für den Maschinenbau. Berlin: Springer-Verlag.

(2)
Baur, G., Beilschmidt, L., & Eichenauer, K. F. (1989). Technologie für Metallberufe – Grundlagen. Hannover: Schroedel Schulbuchverlag GmbH.

(3)
Bartenschlager, J., Hebel, H., & Klatt, T. (2005). Fachkunde Mechatronik. Nourney: Verlag EUROPA-LEHRMITTEL.

tehniški
šolski
center
maribor



tehniški
šolski
center
maribor



moja izbira

Magazin najdete v elektronski obliki na spletni strani Tehniškega šolskega centra www.tscmb.si.