MetaTech Exchange

BRIDGING INDUSTRY 4.0 IN WESTERN BALKANS

SADRŽAJ
OBUKE

Co-funded by
the European Union

1. Uvod 3
1.1. Industrijska revolucija od 1.0 do 3.0 4
1.2. Industrija 4.0 5
2. Moduli obuke 8
2.1 SOO u savremenoj proizvodnji 8
2.2 Alati Industrije 4.0 13
2.3 Digitalizacija i rad u oblaku 14
2.4 Nova filozofija dizajna: Pametna proizvodnja i ekologija 24
2.5 3D štampanje 27
2.6 3D skeniranje i metrologija 32
2.7 Veštačka inteligencija 35
2.8 Automatizacija proizvodnje i robotika 38
2.9 LEAN principi u proizvodnji metala 39
3. Zaključci 41
4 Reference 42

1. Uvod

Informacije date u nastavku predstavljaju smernice za razvoj platforme za e-učenje. Na osnovu ovog sadržaja potrebno je razviti materijale za platformu za e-učenje, ali nije nužno u potpunosti se pridržavati sadržaja navedenog u ovom dokumentu. Moguće je proširiti sadržaj uz osvrt na lokalne zahteve za stručno obrazovanje i osposobljavanje i zahteve lokalne metalske industrije, a izostaviti onaj sadržaj koji se smatra manje relevantnim.

Sa tekućom Industrijskom revolucijom 4.0 i promenama koje iz nje proizilaze, savremena proizvodna industrija mora da se prilagodi novom okruženju u kojem će se poslovanje odvijati. Promene koje se dešavaju uključuju ne samo sama radna okruženja i alate koji se koriste, već pre svega, novu filozofiju dizajna, proizvodnje, upravljanja, rada i, što je najvažnije, proces edukacije zaposlenih.

Savremena industrija se suočava sa mnogobrojnim izazovima koji se, između ostalog, odnose na:

- digitalizaciju gotovo svakog aspekta koji se tiče poslovanja kompanija,

- izazove sajber bezbednosti,

- primenu veštačke inteligencije u proizvodnim procesima,

- povećanje konkurentnosti, posebno u fazi implementacije proizvodnog procesa i izrade prototipova,

- implementaciju alata koji se nazivaju „Internet pametnih uređaja“,

- smanjenje potrošnje materijala (sirovina) i električne energije,

- smanjenje emisija štetnih jedinjenja,

- uvođenje LEAN proizvodnog procesa

- uslove rada, uključujući uzimanje u obzir mogućnosti rada na daljinu i rada u oblaku,

- promenu pristupa stručnom osposobljavanju,

- povećanu automatizaciji i robotizaciju proizvodnje,

- analize velikih količina podataka

Ovako veliki broj promena koje je bilo potrebno sprovesti podrazumeva nužnost angažovanja ozbiljnih finansijskih resursa i ljudskih resursa, što nije lako. Kako bismo razumeli zašto je važno sprovesti gore navedeno, neophodno je da budemo upoznati sa tekućom industrijskom revolucijom, kao i sa prethodne tri industrijske revolucije.

1.1. Industrijska revolucija od 1.0 do 3.0

Sve prethodne industrijske revolucije uvek su podrazumevale uvođenje revolucionarnog alata u proizvodni proces, kao i uvođenje novog energenta, u određenoj meri.

U slučaju prve industrijske revolucije, koja se odigrala krajem 18. i početkom 19. veka, govorimo o masovnoj upotrebi mehanizacije u proizvodnom procesu i o izvoru energije u vidu pare (parne mašine). Ova kombinacija omogućila je značajno povećanje obima proizvodnje i smanjenje fizičkog opterećenja radnika koji obavljaju najteže vrste fizičkih poslova. Jedan od najpoznatijih izuma ovog doba svakako je bila parna mašina, ali i razboj za tkanje. Industrijska revolucija je, svakako, bila povezana sa pronalaskom novih mašina koje su donekle povećale mogućnost repetitivne proizvodnje i ujednačenost i upotrebljivost rezultata, ali je ipak njena najvažnija pokretačka snaga bila upravo razvoj mehanizacije korišćenjem parne mašine.

Drugu industrijsku revoluciju, koja se odigrala početkom 20. veka, karakterisao je napredak u automatizaciji proizvodnje i pronalazak „montažnih linija“ u ovoj oblasti. Henri Ford smatra se pionirom, sa prvom fabrikom automobila u Sjedinjenim Američkim Državama koja je koristila metod montažne linije za proizvodnju. Tokom druge industrijske revolucije došlo je i do pronalaska i masovne primene električne energije. Kombinacija mnogobrojnih savremenih alata, montažnih linija i električne energije znatno je ubrzala proces proizvodnje i omogućila povećanje repetitivnosti proizvodnje. Radnik na određenoj radnoj stanici u okviru montažne linije imao je konkretne zadatke i koristio određene alate, koji su zahvaljujući usavršavanju podrazumevali minimalne greške u proizvodnom procesu. Pored toga, takvo rešenje omogućilo je vršenje korekcija i izmena u tom trenutku masovno proizvedenih modela.

Treća industrijska revolucija, poznata i kao naučno-tehnološka revolucija, datira iz perioda posle Drugog svetskog rata, sve do oko 2015. godine, kada je počeo da se koristi termin Četvrta industrijska revolucija. U slučaju Treće industrijske revolucije, njeni ključni izumi svakako uključuju implementaciju računarske kontrole u proizvodni proces, kao i početak sveobuhvatne implementacije automatizacije i robotizacije u

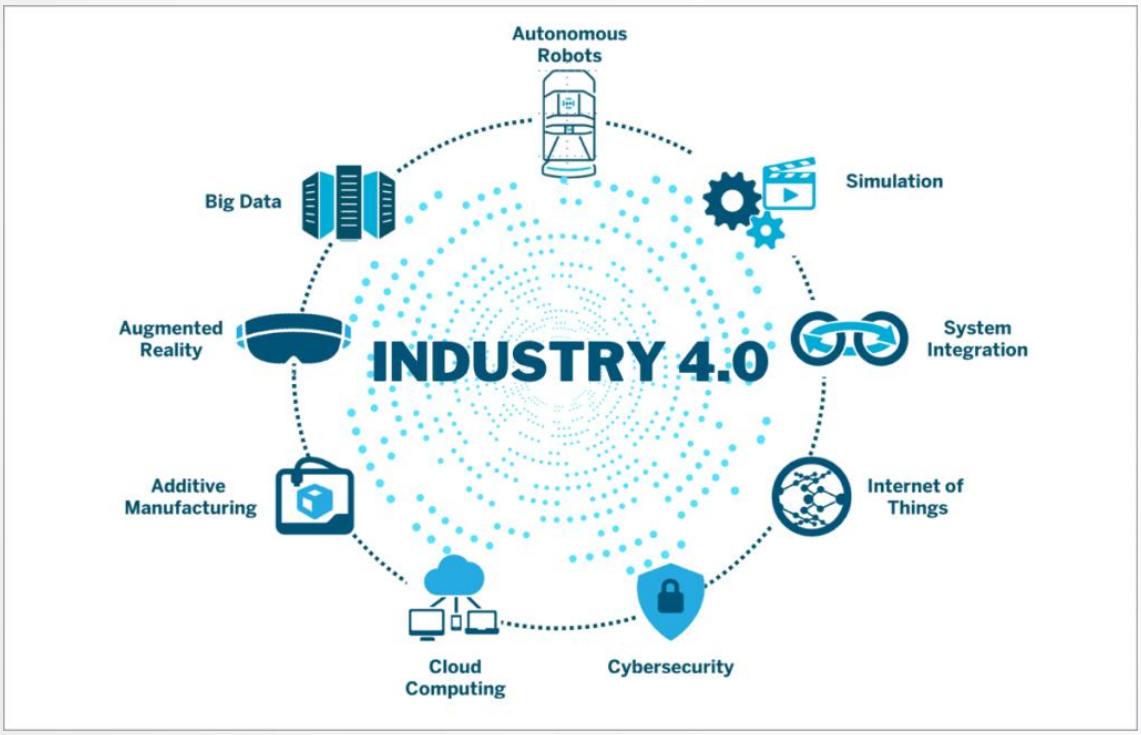
proizvodnji. Kod računarskog upravljanja, najbolji primeri ove revolucije su numerički kontrolisani alatni strojevi - CNC, oprema za zavarivanje, rezanje vodenim mlazom, računarska kontrola u kontroli kvaliteta, itd. Još jedna važna tema u vezi sa industrijskom revolucijom je aspekt koji se odnosi na uslove rada radnika, a time i na upotrebu robota za pomoć u procesu transporta i raznim drugim proizvodnim aktivnostima.

Analizirajući industrijsku revoluciju sa stanovišta upotrebe novog energenta, svakako vredi pomenuti početak masovne proizvodnje električne energije korišćenjem nuklearnih elektrana. Ovaj izvor energije omogućio je da se u velikoj meri smanji oslanjanje na fosilna goriva kao izvor koji se koristi za proizvodnju električne energije.

U vezi sa Industrijskom revolucijom 3.0 važno je napomenuti da se merljivi efekti ove revolucije trenutno analiziraju i da postoji velika količina informacija o njenim efektima. U slučaju Industrijske revolucije 3.0, jasno je da su napredak i implementacija 3.0 alata na različitim stupnjevima razvoja u Evropi. Postoje zemlje u kojima je nivo implementacije veoma visok i one u kojima se implementacija nastavlja.

1.2. Industrija 4.0

Tekuća Industrijska revolucija 4.0 je jedinstvena u mnogim aspektima, pri čemu je najvažniji stepen složenosti koji je karakteriše. U slučaju prethodnih industrijskih revolucija, obično je postojao jedan ili dva revolucionarna alata i izvor energije, dok je u slučaju Industrijske revolucije 4.0 spisak alata izuzetno dug. Na slici u nastavku predstavljeno je nekoliko odabranih alata koji predstavljaju okosnicu Industrije 4.0.



Slika 1. Spisak odabranih alata Industrije 4.0 [1]

Poznavanje tekuće industrijske revolucije od ključnog je značaja, kako u pogledu industrijske proizvodnje, tako i u pogledu pitanja vezanih za obuku budućih i sadašnjih zaposlenih. Kao što se može videti na Slici 1, broj alata je ogroman. Može se reći da se u Industrijskoj transformaciji/revoluciji 4.0 ne radi o svega jednom ili dva alata; sa sigurnošću možemo reći da trenutna transformacija zahteva upotrebu veoma velikog broja raznovrsnih proizvodnih alata, koji tek kada se kombinuju čine moćan alat za Industrijsku transformaciju 4.0.

Filozofija u osnovi Industrije 4.0 je izuzetno važna. Implementacija alata Industrije 4.0 svakako treba da počne sa pitanjem digitalizacije, koja obezbeđuje visok stepen efikasnosti. Ključni alati koji se koriste su „Internet pametnih uređaja“, „3D štampanje“, „3D skeniranje“, „Računarstvo u oblaku“, „Robotika“ i sl., što u velikoj meri zavisi od specifičnosti svake kompanije, ali u neuobičajeno velikom broju slučajeva sada govorimo o implementaciji bar nekoliko njih istovremeno. Postoje slučajevi kada se implementiraju skoro svi navedeni alati, što je nesumnjivo konkurentska prednost za takvu kompaniju, ali istovremeno i veliki izazov za zaposlene u kompaniji na svim nivoima.

Industrijska revolucija koja je trenutno u toku svakako se tiče i ekologije. Tokom implementacije alata Industrije 4.0, aspekt koji se odnosi na upotrebu ekoloških materijala i njihovo recikliranje je izuzetno važno pitanje koje treba imati u vidu. Ne samo materijali, već i tehnološki proces, imaju veliki uticaj na životnu sredinu. Govorimo o smanjenju nepotrebnih tehnoloških procesa ili smanjenju upotrebe potrošnog materijala tokom proizvodnje.

Industrija 4.0, kao i prethodne industrijske revolucije, takođe je uvela i novi izvor energije, doduše ne toliko očigledan kao u slučaju prethodnih industrijskih revolucija. U slučaju tekuće industrijske revolucije govorimo o alatima Industrije 4.0, a nikako o pojedinačnom alatu, a isto važi i za izvore energije. Ne postoji jedan izvor energije, budući da ih je mnogo, a zajedničko im je da se mogu svrstati u takozvane „obnovljive izvore energije“. U slučaju obnovljivih izvora energije, uglavnom govorimo o sledećim izvorima energije:

- solarna energija,
- energija vetra,
- energija vode,
- geotermalna energija,
- ostali ekološki/obnovljivi izvori toplote kao što su toplotne pumpe

Preporuke:

Na osnovu prethodnog poglavlja, preporučuje se izrada uvodnog filma o savremenim sistemima industrije 1.0-4.0 koji prikazuje najvažnija tehnološka dostignuća i unapređivanje uslova rada tokom nekoliko uzastopnih industrijskih revolucija. Ovakav film bi mogao biti interesantan mladim radnicima/polaznicima strukovnog usavršavanja, kao i ljudima koji se već nalaze na tržištu rada i koji učešćem u kursevima obuke unapređuju svoje kompetencije. U videu se preporučuje predstavljanje sadržaja Poglavlja 1 sa akcentom na vizuelni prikaz pozitivnih promena koje proizilaze iz industrijskih transformacija.

2. Moduli obuke

Smernice predstavljene u drugom odeljku odnose se na primere predloga za implementaciju rešenja Industrije 4.0 u preduzećima pretežno u metalskom sektoru, a odnose se na strukovno osposobljavanje koje je potrebno prilagoditi novim industrijskim rešenjima koja se uvode. Informacije sadržane u ovom odeljku koristiće se za izradu materijala za obuku kako bi se podigla svest zaposlenih u metalskom sektoru i polaznika obuke o potrebi stalnog unapređenja njihovih kompetencija i profesionalnog razvoja. Razvijeni materijali za obuku treba da budu pripremljeni u obliku platformi za e-učenje. Tako osmišljeni materijali mogu se pripremiti u bilo kom obliku, na primer:

- video zapisi za e-učenje,

- prezentacije, na primer, u PowerPoint ili PDF formatu

- digitalni testovi,

- telefonske aplikacije,

- forum za razmenu znanja za ljude u određenoj industriji i strukovnom obrazovanju i osposobljavanju SOO,

Poglavlje se fokusira i na alate Industrije 4.0, digitalizaciju, veštačku inteligenciju, Smart Manufacturing (pametnu proizvodnju), Smart Factory (pametnu fabriku), LEAN Manufacturing (LEAN proizvodnju) i proces strukovnog osposobljavanja i obrazovanja - SOO.

2.1 SOO u savremenoj proizvodnji

Strukovno usavršavanje je već dugi niz godina stub industrijskog razvoja širom sveta. Pravilno osmišljeno stručno osposobljavanje omogućava visokokvalifikovanim radnicima ulazak na tržište rada, čime se povećava produktivnost preduzeća, omogućavajući na taj način i njihov razvoj. Strukovno osposobljavanje pravilno usklađeno sa uslovima zemlje i regiona eliminiše probleme nezaposlenosti i omogućava ekonomski razvoj. Sa tekućom industrijskom revolucijom 4.0, tržište rada se promenilo, a stvorena su nova radna mesta koja zahtevaju kompetencije koje se razlikuju od onih koje poseduju radnici na tržištu rada ili radnici koji se obučavaju po obrazovnim programima koji nisu ažurni i ne odgovaraju stvarnim zahtevima i potrebama. Ovaj problem se može rešiti uvođenjem promena prilagođenih trenutnim potrebama tržišta

rada u programima strukovnog obrazovanja na školskom i akademskom nivou. Pored toga, problem se može rešiti tako što će zaposleni učestvovati u obukama na radnom mestu ili kroz samostalno učenje koristeći, na primer, platforme za e-učenje kao što je ona koja je upravo razvijena u okviru projekta MetaTech Exchange - Bridging Industry 4.0 in Western Balkans. Platforme za e-učenje su odlična dopuna znanju koje se trenutno stiče u okviru tradicionalnog učenja u strukovnim školama, tehničkim školama, na inženjerskim studijama, itd. Neupitna prednost ovakvih platformi je jednostavan pristup znanju pomoću mobilnog telefona ili tableta, što je svakako i više nego evidentna prednost u trenutnoj realnosti digitalnog razvoja.

Tokom čitave njene istorije, razvoj industrije profesionalnih usluga nikada nije bio toliko fokusiran na digitalizaciju. To se ne odnosi samo na nove alate Industrije 4.0, koji su gotovo uvek u velikoj meri digitalni. Danas su mnogi uređaji koje su donedavno ručno kontrolisali operateri, opremljeni digitalnim kontrolama. To znači da obuci za rad na mašinskim alatima, primera radi, mora prethoditi detaljno upoznavanje sa osnovama upravljanja računarom, rada u oblaku, softvera koji se koristi u procesima projektovanja i proizvodnje i mnogim drugim digitalnim alatima kojima su moderne radne stanice sada opremljene.

Problem strukovnog osposobljavanja prilagođenog potrebama tržišta rada tiče se nekoliko osnovnih grupa ljudi i pitanja. Preporučuje se izrada materijala za onlajn platformu za e-učenje uzimajući u obzir potrebe svih dole navedenih stručnih grupa i neophodne oblasti. Ovo će povećati svest svake grupe koja se bavi pitanjima modernog strukovnog obrazovanja. Za svaku od ovih grupa može se pripremiti odgovarajuća kartica kako bi sadržaj na platformi bio prilagođeniji njihovim potrebama:

1. Prva grupa ljudi kod kojih treba raditi na podizanju svesti su mladi koji trenutno stiču obrazovanje u strukovnim školama i edukuju se na kursevima. U ovu grupu spadaju i ljudi pred kojima je tek izbor karijernog puta, te i njima treba prilagoditi platformu za e-učenje kako bi im se pružila podrška u izboru odgovarajućeg profila stručnog usavršavanja. U ovoj grupi je izuzetno važno predstaviti prognoze daljeg razvoja metalske industrije, rastući nedostatak radnika koji poseduju neophodne kvalifikacije za specijalizovane profesije koje zahtevaju digitalne kompetencije i Industriju 4.0, kao i kombinaciju već postojećih industrija/profesija sa savremenim alatima i pravcem njihovog razvoja u pogledu izgleda za zapošljavanje u stabilnoj rastućoj industriji. Na platformi za e-učenje potrebno je predstaviti podatke koji se odnose na finansijski aspekt rada u metalskoj industriji i perspektivu razvoja dinamičnih zaposlenih.

2. Druga grupa korisnika platforme svakako su ljudi koji su već zaposleni u kompanijama u metalskom sektoru koji žele da unaprede svoje kompetencije. Dokvalifikacija može biti potrebna iz više različitih razloga, kao što su promena profesije, razvoj trenutnog posla ili želja za profesionalnim usavršavanjem. Za one koji trenutno rade, sadržaj na platformi za e-učenje svakako ne mora da sadrži bazične informacije koje se odnose na tržište rada u metalskom sektoru, već treba da bude povezan sa konkretnim veštinama ili alatima kao što su rad u oblaku, veštačka inteligencija, metrologija, 3D štampanje, 3D skeniranje, robotizacija, automatizacija, LEAN proizvodnja, pametna fabrika, itd. Važno je napomenuti da radnici u metalskom sektoru neretko rade po smenama i imaju neredovno radno vreme, zbog čega nisu u mogućnosti da učestvuju u obukama kao što to mogu studenti ili učenici. Za takvu grupu korisnika, na platformi za e-učenje neophodno je postaviti informacije koje se odnose na konkretna rešenja i mogućnosti za izvođenje onlajn kurseva, onlajn obuka, odnosno mogućnosti primene hibridnog - onlajn formata, koji se često koristi u poslednje vreme. Hibridni format omogućava da se teorijski deo obuke izvede tako da to bude zgodno za korisnike, upoznavanjem sa onlajn platformama i polaganjem testa u vreme koje korisniku odgovara, a zatim prelaskom na praktični deo nakon što se korisnik samostalno upozna sa materijalima onlajn platforme u tom trenutku.

3. Još jedna grupa je svakako jedna od najvažnijih grupa na koju treba usmeriti sadržaj onlajn platforme, a to su nastavnici/treneri u okviru strukovnog obrazovanja. Kvalitet učenja i razvoja radnika u metalskom sektoru ne zavisi samo od nastavnog plana i programa i nastavnih sadržaja, već najčešće od kvalitetne pripreme samih trenera, i upravo od toga treba početi kada je u pitanju implementacija rešenja Industrije 4.0. Kada je u pitanju osmišljavanje materijala, platforma za e-učenje treba da ima i segment koji sadrži materijale namenjene ovakvim korisnicima. Svakako, takvi materijali treba da sadrže prezentacije ili video zapise koji će pomoći trenerima i nastavnicima strukovnog obrazovanja da pronađu informacije o kursevima i obukama namenjenim njima, a potencijalno i izvore finansiranja. Takođe se čini svrsishodnim da se u digitalnim materijalima spomene i pitanje podizanja svesti nastavnika strukovnog obrazovanja o promenama koje se dešavaju i o potrebi za implementacijom niza digitalnih rešenja kao što su simulatori, aplikacije, alati za internet pametnih uređaja, itd. u samom nastavnom procesu.

4. Još jedna grupa koja bi trebalo da nađe svoje mesto na platformama za e-učenje su poslodavci. Podizanje svesti poslodavaca, ne samo o karakteristikama revolucije Industrije 4.0, već i o potrebi unapređenja kompetencija zaposlenih, jedan je od preduslova za sprovođenje pozitivnih promena. U slučaju

poslodavaca i platforme za e-učenje, potrebno je navesti podatke o implementaciji automatizacije, robotizacije, digitalizacije u različitim industrijskim sektorima razvijenih zemalja i analize koristi koje proističu iz gore navedenog. Pored toga, vredi napomenuti da uvođenju relevantnih promena u procesu strukovnog osposobljavanja treba da prethodi upravo analiza potreba poslodavaca. Kao što pokazuje iskustvo evropskih zemalja kao što je Poljska, uvođenje mogućnosti za konsultacije i veće uključivanje u proces strukovnog osposobljavanja predstavnika industrijskih sektora podrazumeva veliku korist za sve zainteresovane strane. Kao primer takve saradnje možemo navesti Centar za strukovno i kontinuirano obrazovanje u gradu Kjelce, u Poljskoj, gde se pod pokroviteljstvom lokalnih kompanija organizuju kursevi/obuke za neophodne veštine u sektorima regionalne industrije. Za kompaniju je ovo nesumnjivo prilika da kroz pokroviteljstvo u vidu laboratorijske opreme i metodologije korišćenja opreme, privuče nove radnike koji su zahvaljujući prethodnom iskustvu na opremi koja se već koristi u kompaniji u mogućnosti da se odmah i zaposle u kompaniji pod čijim pokroviteljstvom je organizovana obuka. U okviru Kielce CKZ kao primere takvih kompanija iz metalske industrije moguće je navesti pokroviteljstvo kompanije Aebi Schmidt Poland, u radu laboratorije za savremeno sečenje metala, i kompanije Fronius, koja je bila pokrovitelj laboratorije za spajanje i zavarivanje metala i pripremu ispitnih spojeva. Na sajtu se nalaze [2] informacije o laboratoriji i fotografije potpisivanja ugovora o pokroviteljstvu. U eri digitalne transformacije sveprisutnih prevodilaca veb-sajtova, teksta i fotografija, prevod ovog veb-sajta je udaljen samo jedan klik. U okviru platforme za e-učenje, bilo bi poželjno predstaviti analizu nekoliko takvih slučajeva „dobre prakse“ u vezi sa saradnjom između zajednice strukovnog obrazovanja i industrijske zajednice. Pokroviteljstvo obuka od strane kompanija iz industrijskog sektora predstavlja značajne prednosti i za druge gore pomenute grupe: studenti/polaznici obuke koriste prave industrijske alate, i na taj način stiču jake praktične kompetencije, poslodavci sistematski stiču kvalifikovano osoblje, a nastavnici/treneri u strukovnom obrazovanju i osposobljavanju drže korak sa savremenim tehnologijama koje se koriste u industrijskom okruženju. Može se reći da strukovno obrazovanje, zbog dinamičnog digitalnog razvoja, ne treba smatrati komponentom/elementom rada [3] već visoko vrednovati kao doprinos zaposlenog delatnosti kompanije, što je već slučaj u mnogim preduzećima. Pored toga, preduzetnici koji se bave podrškom strukovnom osposobljavanju imaju, takoreći, priliku da uče od drugih preduzetnika koji se takođe bave upravo ovom vrstom aktivnosti. Promenljivo tržište rada i, pre svega, tehnologija koja se razvija zahtevaju rastući stepen znanja u gotovo svim poslovima. Proizvođači nastoje da povećaju pouzdanost i produktivnost ulaganjem u tehnologiju, koja zahteva da zaposleni prođu namensku obuku, a

vrlo često i da nastave da se obučavaju tokom čitavog svog radnog veka. Time se stvara svojevrsna zajednica u kojoj se uči, što je potrebno dodatno naglasiti prilikom razvijanja baze za e-učenje.

Rezime

Veoma važan faktor koji utiče na razvoj strukovnog usavršavanja u metalskoj industriji, kao i u bilo kojoj drugoj industriji, jeste kreiranje odgovarajuće klime od strane svih pomenutih grupa/zajednica. Bilo bi dobro osmisliti karticu na platformi za e-učenje, na primer, pod nazivom „Metal SOO mi stvaramo saradnju“, koja bi sadržala informacije upravo u vezi sa stvaranjem prostora za implementaciju rešenja Industrije 4.0 u okviru strukovnog obrazovanja, sa akcentom na saradnju sa industrijskim okruženjem. Pravilno uspostavljena saradnja svih gore pomenutih grupa omogućiće i pravilan razvoj programa edukacije/obuke, a dragocene smernice lokalnih kompanija omogućiće da se preciziraju potrebe industrijskog okruženja.

Za izgradnju savremenih timova u preduzećima presudan je kvalitet kadrova, kako bi se obezbedilo postizanje zadatih ciljeva. Prilikom implementacije alata Industrije 4.0, nije moguće ostvariti zacrtane ciljeve bez adekvatnog broja kvalifikovanih zaposlenih i bez obezbeđivanja kontinuiteta njihove obuke u budućnosti.

Uticaj funkcionalne industrije stručnog osposobljavanja na čitavu lokalnu/nacionalnu zajednicu nije beznačajan, a postaje sve značajniji ukoliko iznedri visokokvalifikovane kadrove i preduzetnike koji uspevaju da drže korak sa alatima Industrije 4.0 koji se neprekidno usavršavaju. Adekvatan broj kvalifikovanih radnika kao rezultat ima nisku stopu nezaposlenosti i doprinosi rastu industrije i ekonomskom razvoju, kako regiona tako i zemlje u celini, te bi jedan ozbiljan pristup procesu stručnog osposobljavanja trebalo da postane temelj čitave zajednice.

Preporuke:

Preporuka ovog poglavlja je da se radi na razvoju video materijala ili materijala za konkretne grupe uključene u osmišljavanje strukovnog obrazovanja. Takav video će prvenstveno imati ulogu podizanja svesti i omogućiće donošenje informisanih odluka kada su u pitanju konkretne aktivnosti strukovnog obrazovanja. Preporučljivo je da digitalni materijal sadrži

primere dobrih praksi u oblasti saradnje strukovnog obrazovanja i industrije, kao i da se osvrne na temu stabilnosti stručnog usavršavanja kroz proces kontinuiranog obrazovanja.

2.2 Alati Industrije 4.0

Ovo poglavlje je posvećeno osnovama alata Industrije 4.0, i namenjeno je onima koji žele da unaprede svoje znanje o mogućnostima koje pružaju alati Industrije 4.0 bez detaljnog osvrta na konkretne vrste alata. Poglavlja 2.3-2.9 sadrže detaljan opis. Nakon konsultacija sa akterima uključenim u realizaciju projekta, razvoj ovih smernica i, samim tim, platforme za e-učenje usmeren je na ova izabrana pitanja. Kao što je prikazano na prethodnoj slici 1, postoji širok spektar alata Industrije 4.0. U zavisnosti od vrste preduzeća/kompanije i prirode njenog poslovanja, ne primenjuju se svi alati, ali postoje određene zajedničke karakteristike. U nastavku su alati Industrije 4.0 podeljeni u dve grupe, od kojih je jedna uopštenog karaktera i može se primeniti u gotovo svim preduzećima i institucijama, dok je druga grupa usmerena na razvoj metalske industrije i stručno usavršavanje u ovoj oblasti.

Prva grupa generičkih alata Industrije 4.0 obuhvata sledeće:

- sajber bezbednost,

- povećana digitalizacija,

- transformacija prirode rada - rad na daljinu i hibridni rad,

- internet pametnih uređaja.

Druga grupa fokusirana na metalnu industriju i strukovno obrazovanje i osposobljavanje obuhvata sledeće:

- digitalizacija,

- tehnologije brze izrade prototipova (Aditivna proizvodnja - 3D štampa i Obrnuti inženjering),

- veštačka inteligencija,

- internet pametnih uređaja,

- automatizacija i robotizacija proizvodnje,

U narednim poglavljima 2.3-2.9 (Digitalizacija i rad u oblaku, Nova filozofija dizajna: Pametna proizvodnja i ekologija, 3D štampanje, 3D skeniranje i metrologija, Veštačka inteligencija, Automatizacija proizvodnje i robotika, LEAN u proizvodnji metala), potencijalna rešenja iz druge grupe alata Industrije 4.0 predstavljena su detaljnije tako da obuhvate određena pitanja vezana za ekologiju i primenu LEAN metodologije u dizajnu i proizvodnji. Sadržaj predviđa mogućnost osmišljavanja zasebnih digitalnih materijala za platformu za e-učenje, kao i kratkog testa za samostalno rešavanje, na primer, u vidu testa sa više ponuđenih opcija (A, B, C). Istovremeno, za sadržaj predstavljen u poglavljima 2.3-2.9, preporučuje se da se osmisle posebna pitanja za lica koja učestvuju u obuci (stručne škole, srednje škole, studenti, zaposleni industrijski radnici koji se dokvalifikuju ili menjaju sektor u kom rade) i za nastavnike/trenere industrije strukovnog obrazovanja i osposobljavanja – SOO.

Preporuke:

Preporuke iz prethodnog poglavlja uključuju razvoj digitalnog materijala za platformu za e-učenje, koji se odnosi na dve grupe alata Industrije 4.0. Prva grupa obuhvata alate opšte primene koji se koriste u preduzećima, dok se druga grupa alata konkretno koristi u metalskoj industriji. Dati materijal može biti znatno kraći u odnosu na dalje materijale platforme za e-učenje, koji uključuju detaljnije informacije iz poglavlja 2.3-2.9. Preporučljivo je da se na snimku da osvrt na ostala poglavlja i druge izvore kao što su izveštaji o primeni alata Industrije 4.0 u odabranim zemljama Evropske unije i širom sveta. Važno je da pitanja u nastavku ili druga pitanja koja se nalaze na kraju poglavlja upućuju na sadržaj u digitalnim materijalima na koje se odnose.

2.3 Digitalizacija i rad u oblaku

Digitalizacija je u današnje vreme jedan od temelja razvoja. Oblast digitalizacije ne odnosi se samo na industrijske i uslužne delatnosti, već uključuje i javne usluge, kancelarijsko poslovanje, zdravstvenu zaštitu, turizam, ugostiteljstvo i gotovo svaku drugu oblast svakodnevnog života. Pokretačka snaga digitalne transformacije svakako leži u njenoj pristupačnosti, odnosno lakom pristupu digitalnim uređajima, brzim postupcima verifikacije, obrade i razmene informacija, povećanoj konkurentnosti i otvaranju prema novim kupcima i tržištima. Upravo se pitanje obrade i verifikacije smatra trenutno najvažnijim. Digitalizacija je

sadržana u nekoliko ključnih oblasti, a ovde takođe možemo govoriti o digitalizaciji u društvenoj (opštoj) oblasti, ali i o digitalizaciji usmerenoj ka marketinškom modelu i industrijsko - proizvodnom modelu. Svakako se može reći da digitalizacija unapređuje efikasnost tržišta i doprinosi povećanju konkurentnosti. U oblasti digitalizacije mogu se izdvojiti mnogi alati koji imaju uticaj na razvoj. U materijalima za platformu za e-učenje, međutim, najrelevantnije je fokusirati se samo na odabrane oblasti koje se mogu implementirati u oblasti metalske industrije i strukovnog obrazovanja i osposobljavanja. Stoga se ovde neće diskutovati o pitanjima vezanim za pristup internetu i njegovim koristima, niti će se diskutovati o pitanjima vezanim za platforme koje se koriste u svakodnevnom poslovanju, već će se diskutovati o pitanjima koja se mogu implementirati u segmentu metalske industrije i industrije strukovnog obrazovanja i osposobljavanja.

U oblasti digitalizacije, na primeru Evropske unije na platformi za e-učenje, moguće je izdvojiti neke sistemske mere koje su implementirane tokom proteklih godina. [4]

Takve mere uključuju niz zaključaka i direktiva kao što su:

- 5G mreže od 03.12.2019. godine,

- Zakon o sajber bezbednosti od 9. aprila 2020. godine,

- Zaključci Saveta: oblikovanje digitalne budućnosti Evrope, 9. jun 2020. godine,

- Zaključci o digitalizaciji pravosuđa od 13. oktobra 2020. godine,

- Rezolucija o enkripciji od 13. decembra 2020. godine,

- Zaključci Saveta - Digitalizacija za dobrobit životne sredine, od 17.decembra 2020. godine,

- Zaključci o istraživanju potencijala zajedničke jedinice za sajberbezbednost, od 19. oktobra 2021. godine,

- Zakon o upravljanju podacima od 16. maja 2021. godine,

- Zakon o čipovima od 1. decembra 2022. godine,

- Savet i Parlament usaglasili zakonodavstvo o odgovornosti za neispravne proizvode, 14. decembar 2023. godine,

- Digitalna transformacija u privrednim društvima: Savet usvojio stav o ažuriranju digitalnih alata u pravu privrednih društava, 14. februar 2023. godine,

- Savet usvaja direktivu o prilagođavanju prava privrednih društava digitalnom dobu, 16. decembra 2024. godine,

U nastavku su navedeni neki alati koji se odnose na digitalizaciju u preduzećima koje je potrebno implementirati kako u smislu funkcionisanja preduzeća tako i imajući u vidu potrebu da se nauči kako se radi u takvom digitalnom okruženju. Preporučuje se da izaberete nekoliko od sledećih digitalnih alata i da ih predstavite u materijalima platforme za e-učenje u vidu video zapisa ili prezentacije.

Komunikacija unutar kompanije.

Jedan od osnovnih digitalnih alata koji se može implementirati u skoro svakoj kompaniji je interna komunikacija zasnovana na digitalnom modelu. Ova vrsta komunikacije poznata i kao Intranet - „nejavna telekomunikaciona mreža“ zahteva odgovarajuću implementaciju, ali i obuku zaposlenih. Različiti oblici intraneta koji se koriste u zavisnosti od kompanije, čine da obuka za njegovo korišćenje zavisi od složenosti i sposobnosti. U svakom slučaju, kada je u pitanju SOO, preporučljivo je u materijale uključiti i rad u kompanijskom okruženju gde se koriste digitalne komunikacije. U današnje vreme samo ovaj oblik komunikacije omogućava brzi prenos datoteka i rad više ljudi u jednom dokumentu. Pored toga, upotrebom intraneta eliminiše se mogućnost gubitka datoteka, omogućava njihovo arhiviranje, omogućava ostavljanje tzv. digitalnog otiska koji je u slučaju proizvodnog procesa izuzetno važan. Važno je napomenuti da intranet nije zatvoreno radno okruženje ograničeno na kancelariju u kompaniji, već mreža koja omogućava realizaciju rada na daljinu koji je veoma popularan od 2022. godine, kada je počela pandemija COVID-19. Može se reći da je ovaj vid digitalizacije od elementarnog značaja za implementaciju daljih rešenja. Digitalizacija komunikacija utiče i na veoma važan aspekt troškova skladištenja materijala u papirnom obliku i smanjuje rizik od njihovog uništenja ili oštećenja. Pored toga, proces rada sa datotekama je brži.

Sajber bezbednost

Još jedan alat koji je izuzetno važno implementirati i koji je usko povezan sa gore opisanom internom komunikacijom unutar kompanije je sajber bezbednost. Dobar primer agencije koja radi na sajber bezbednosti je *Evropska agencija za sajber bezbednost (ENISA)* [5], koja je zadužena za obezbeđivanje

jedinstvenog nivoa sajber bezbednosti širom Evrope. Ovaj koncept se vrlo često povezuje samo sa računarskim softverom za koji se očekuje da će se dinamično menjati u narednim godinama zbog sve veće svesti zaposlenih i društva u celini. Na osnovu podataka predstavljenih u međunarodnim izveštajima, vredi predstaviti statistiku koja se odnosi na to pitanje u povezanom modulu na platformi za e-učenje. Na osnovu podataka javno dostupnih izveštaja vezanih za sajber bezbednost [6] i podataka objavljenih od strane proizvođača antivirus softvera [7] moguće je identifikovati tipične probleme vezane za njeno obezbeđivanje, koji bi takođe trebalo da budu predmet obuke:

- 60-70% kompanija ima incident u oblasti sajber bezbednosti najmanje jednom godišnje,

- Na probleme obezbeđivanja sajber bezbednosti utiče problem regrutovanja i zadržavanja kvalifikovanih zaposlenih,

- Fišing i dalje predstavlja najveći izazov na putu ka osiguravanju sajber bezbednosti

- Nedostatak svesti o „najboljim praksama“ vezanim za sajber bezbednost i krađu podataka putem, na primer, povezivanja neovlašćenih uređaja.

Aspekt koji se odnosi na najbolje prakse i regrutovanje zaposlenih je jedna oblast u kojoj stručno usavršavanje ima veliki potencijal primene. Osmišljena platforma za e-učenje treba da bude naročito fokusirana na ovu oblast prilikom izrade materijala za obuku. Na platformi je potrebno naglasiti prognozirani razvoj pretnji u oblasti sajber bezbednosti, što je prikazano na Slici 2.

Slika 2. Spisak izabranih pretnji projektovanih za 2030. godinu u oblasti sajber bezbednosti - podaci iz ENISA izveštaja za 2024. godinu [6].

Na osnovu primera pretnji prikazanih na slici 2, čini se da određene oblasti treba uključiti u materijale za obuku koji se trenutno razvijaju, nastavne planove i programe strukovnog obrazovanja i osposobljavanja i platformu za e-učenje, gde podaci iz izveštaja pružaju dragocene uvide i smernice o pravcu u kom će se pretnje razvijati.

Rad u oblaku

Još jedno značajno rešenje, čiji sadržaj svakako treba uključiti u platformu za e-učenje, je rad u oblaku. "Oblak" predstavlja proširenje Intraneta ili „nejavne telekomunikacione mreže“. Rad u oblaku se smatra jednim od osnovnih alata Industrije 4.0, a u današnje vreme mnoga preduzeća i javne ustanove ne mogu da zamisle rad sa trenutnim nivoom produktivnosti bez korišćenja oblaka od strane celog tima saradnika. Danas, kao nikada pre, timski rad predstavlja osnovu za funkcionisanje gotovo svakog preduzeća i javnih ustanova. Grafički prikaz rada u oblaku kao kombinacije više pametnih rešenja dat je na slici 3.

Slika 3. Grafički prikaz rada u oblaku kao kombinacije više pametnih rešenja.[8]

Gornja slika jasno pokazuje da je rad u oblaku, kao i većina rešenja Industrije 4.0, sačinjen od velikog broja međusobno povezanih alata, koji su samo kao celina ogromna prednost. Čini se da je rad u oblaku odličan prelaz sa intraneta koji ima ograničene mogućnosti. Za mnoge kompanije, a što je najvažnije za SOO, odlični alati u okviru kojih možete početi da radite u oblaku su besplatan ili plaćeni softver. Osnovni sistemi rada u oblaku su, između ostalih, Google Workspace ili Microsoft SharePoint.

U slučaju Microsoft SharePoint-a možemo reći da ga je relativno lako implementirati kako u kompanijama, tako i u strukovnom obrazovanju - SOO. Čini se da će početak avanture sa oblakom u ovom slučaju biti veoma jednostavan i neće podrazumevati velike finansijske izdatke. Pristup radu u oblaku po tekućim cenama kreće se od svega 10-15 evra/mesečno po korisniku, a u takvom paketu odmah imamo na raspolaganju mogućnost rada sa izuzetno velikim brojem alata bez potrebe da ih instaliramo na sopstveni računar. Upravo je ova karakteristika - odsustvo potrebe za instaliranjem softvera - jedna od zanimljivijih prednosti rada u oblaku. U slučaju stručnog usavršavanja i korišćenja softvera koji zahteva računare sa jačim performansama, studenti/polaznici obuke možda neće imati na raspolaganju veoma moćan računar ni u nastavi tokom obuke, a ni kod kuće, ukoliko samostalno završavaju kurseve. Tada je rad zasnovan na oblaku odlično rešenje. Preporučuje se da se ovakvi alati uključe u platformu za e-učenje koja je u razvoju, što će svakako doprineti razvoju u oblasti digitalizacije u najširem smislu. Rad u oblaku znači ne samo

mogućnost savladavanja tehničkog softvera dostupnog u oblaku, već i mogućnost korišćenja alata kao što su programi za obradu teksta, kalkulatori za različite proračune, velika količina prostora za skladištenje projekata, digitalne datoteke, kompanijski chat, instant poruke za razgovore, prijemno sanduče elektronske pošte, deljeni kalendari zaposlenih, bolja organizacija rada, kontrola nad projektima.

Rad u oblaku u okviru metalske industrije može biti povezan sa organizacijom rada i može se odnositi na proizvodne datoteke, kontrolu kvaliteta, projekte, analize, izveštaje, obuke, reviziju i sve drugih oblasti poslovanja. Važan aspekt je pravilna obuka zaposlenih za rad u oblaku, posebno u opcijama koje nude ogromne mogućnosti, poput Microsoft SharePoint-a - stoga u okviru platforme za e-učenje mora postojati prezentacija osnovnih informacija o toj temi, a možda čak i kratak vodič za rad u oblaku ili sajtovi sa snimcima rada u oblaku. Važno pitanje koje utiče na rad u oblaku je sve veća potreba za kvalifikovanim radnicima/stručnjacima koji su sposobni da obavljaju rad na daljinu ili hibridni rad zbog pristupa velikoj količini informacija. U Evropi je primetan uzlazni trend posebno u oblasti kvalifikovanih radnika koji su, zahvaljujući oblaku, u mogućnosti da rade sa kompanijama sa bilo kog mesta na svetu na mnogo fleksibilniji način. Čini se da bi ove prednosti trebalo da budu uključene i u platformu za e-učenje koja je u razvoju.

Napredni softver zasnovan na oblaku

Rad u oblaku se ne odnosi samo na onlajn sastanke ili rad sa tekstualnim datotekama, objavljivanje datoteka ili zakazivanje sastanaka, već i na specijalizovani softver dostupan sa bilo kog mesta na svetu gde je jedino potrebno imati internet vezu i pristup pregledaču. Primer takvog rešenja je softver koji se koristi za podršku procesu projektovanja, proizvodnje i simulacije - Solidworks, kategorizovan prvenstveno kao CAD (računarski potpomognut dizajn). Ova vrsta softvera i njegove mogućnosti biće opisane kasnije u ovom dokumentu, ali sada je vredno pomena to da je to jedan od osnovnih alata inženjera koji se bavi projektovanjem i proizvodnjom koristeći, na primer, 3D štampanje. Kada je u pitanju 3D štampa, mnoge kompanije su sada omogućile i rad u oblaku sa digitalnim datotekama. Nesumnjiva prednost ovakvog rada je u tome što nije potrebno da se na kompanijske/privatne računare koji nemaju dovoljno snage instalira velika količina naprednog softvera. Rad u oblaku znači da naš softver „ne usporava“ svake godine zbog sve većih hardverskih zahteva, budući da koristi računarsku snagu oblaka, a ne naš sve stariji računarski hardver. U našem slučaju, procese izvršavamo kroz prozor sopstvenog veb pregledača, pa je brzina interneta izuzetno važna. Metalska industrija takođe može imati koristi od naprednog softvera za merenje, koji se svakako može naći u oblaku. U mnogim slučajevima, zaposleni koji radi daljinski/hibridno, sa panela

pregledača može sam da obavi posao - što je potrebno naglasiti u razvijenim materijalima platforme za e-učenje. Primer video snimka na engleskom jeziku sa poljskim titlovima koji objašnjava probleme rada u oblaku pomoću softvera Solidworks prikazan je na linku i može se koristiti na platformi koja se razvija, uz adekvatno navođenje izvora.[9]

Strukovno obrazovanje i osposobljavanje - SOO, zahvaljujući radu zasnovanom na oblaku, u stanju je da gotovo preko noći pribavi najnovije alate (iznajmi ih) i sprovede obuku u hibridnom režimu, gde polaznik obuke ili zaposleni u kompaniji koristi kućni ili kompanijski računar koji često ne poseduje dovoljno računarske snage. Pored toga, instaliranje naprednog softvera na kompanijski računar zahtevalo bi kupovinu skupe licence, što nije uvek isplativo za obuku.

Kada je u pitanju međunarodna saradnja, oblak sada igra ključnu ulogu. Kada je reč o implementaciji međunarodnih projekata, angažovanju stručnjaka i širenju dometa kompanije, njegova velika fleksibilnost i računarska snaga čine ga alatom od neprocenjivog značaja. Kada je u pitanju sprovođenje SOO na radnim mestima, oslanjanje na Microsoft SharePoint oblak ne samo da će omogućiti bolje obuke, časove, već će omogućiti polaznicima da steknu digitalne kompetencije u oblasti rada u oblaku, što je sada potrebno implementirati u procesu stručnog osposobljavanja.

Računarske simulacije - virtuelna stvarnost

Virtuelna stvarnost je jedan od digitalnih alata sa ogromnim potencijalom za implementaciju i u preduzećima i u stručnoj obuci. Odličan primer za to je mogućnost osposobljavanja zaposlenih uz korišćenje naočara i alata za virtuelnu stvarnost koji omogućavaju da se gotovo „preselimo“ u drugu fabriku i realizujemo obuku na daljinu, ali uz korišćenje virtuelne stvarnosti. Ovakav format obuke čini nepotrebnim dugoročni boravak u drugom objektu. Štaviše, zaposleni ima mogućnost da koristi takve alate prilikom obavljanja aktivnosti održavanja i popravke opreme, na primer.

U slučaju stručnog osposobljavanja - SOO u metalskoj industriji, alat Virtual Reality za simulaciju procesa zavarivanja je idealno rešenje, kao što je prikazano na slici 4.

Slika 4. Simulacija procesa zavarivanja pomoću virtuelne stvarnosti [10]

Kao deo realizacije ovog projekta i materijala za obuku koji se razvijaju, potrebno je upoznati učenike/polaznike obuke i SOO trenere sa pitanjima virtuelne stvarnosti, na primer, u procesu zavarivanja metala. Metalska industrija vrlo često koristi zavarivanje kao metod spajanja i popravke proizvedenih delova. Primer kako takav simulator zavarivanja funkcioniše prikazan je u videu sa linka [11], a koji je preporučljivo uvrstiti u platformu za e-učenje koja se razvija. Na platformi bi bilo korisno kreirati biblioteku video zapisa koje su razvili dobavljači simulatora kako bi podržali savladavanje čitavog tehnološkog procesa - a ne samo zavarivanja. Istovremeno, preporučuje se kupovina simulatora po potrebi i uključivanje obuke zasnovane na upotrebi virtuelne stvarnosti u didaktički proces. Takođe je korisno u ovoj oblasti uspostaviti saradnju sa lokalnim centrima koji se bave zavarivanjem ili sa širom metalskom industrijom kako bi se konkretni alati prilagodili tako da se maksimalno iskoriste znanja stečena na ovaj način u industrijskoj praksi.

Digitalna CAD dokumentacija

Trenutno se izrađuje tehnološka dokumentacija na osnovu digitalnog CAD (computer aided design) softvera. Postoje i druge vrste digitalnih alata za podršku procesu projektovanja, kao što su CAM (proizvodnja uz pomoć računara) ili CAE (inženjering uz pomoć računara), ali CAD je jedno od najčešće korišćenih rešenja.

U industrijskoj praksi upotreba CAD softvera je neupitna, ali je potrebno uvesti ovu vrstu digitalizacije u proces strukovnog osposobljavanja i obrazovanja. Trenutno diplomci tehničkih univerziteta, odnosno inženjeri i svršeni studenti master studija, poseduju adekvatno znanje o korišćenju pomenutog softvera, ali stručne škole i njihovi diplomci i stručni kursevi često ne poklanjaju dovoljno pažnje ovim pitanjima. Čini se da danas nastavni proces u strukovnom obrazovanju i osposobljavanju, zahvaljujući radu u oblaku i sve jednostavnijem pristupu ovakvim rešenjima, može da implementira ove alate sve lakše i po sve nižoj ceni i, što je važno, takođe zahvaljujući oblaku, da izvodi deo nastave u hibridnom/onlajn obliku, bez potrebe za instaliranjem softvera. U slučaju svakog od gore navedenih softvera, izuzetno je važno prilagoditi i izabrati pravi program potrebama lokalnog industrijskog tržišta, koje već koristi ove vrste alata. U slučaju CAD softvera i rada u oblaku, kako u industrijskoj praksi, tako i u industriji strukovnog osposobljavanja, moguće je zajednički raditi i sarađivati u kreiranju dokumentacije na jednoj te istoj datoteci, što značajno ubrzava rad i istovremeno omogućava kontrolu nad izvršenim izmenama.

CAD softver eliminiše u mnogim slučajevima potrebu za ručnim proračunima, na primer, linija savijanja limova, njihovim gotovo automatskim kreiranjem za planirani lim. Time se eliminiše nepotreban utrošak materijala, što je u skladu sa ekološkim aspektom proizvodnje.

Preporučuje se da se u okviru ovog projekta i platforme za e-učenje koja se razvija, unesu informacije o mogućnostima projektovanja korišćenjem bilo kog CAD softvera, eventualno nakon traženja mišljenja lokalnih korisnika, i da se program prilagodi njihovim potrebama.

Preporuke:

Na osnovu prethodnog poglavlja preporučuje se razvoj digitalnog materijala za platformu za e-učenje koji predstavlja kako digitalizaciju u celini, tako i njene odabrane oblasti kao što su

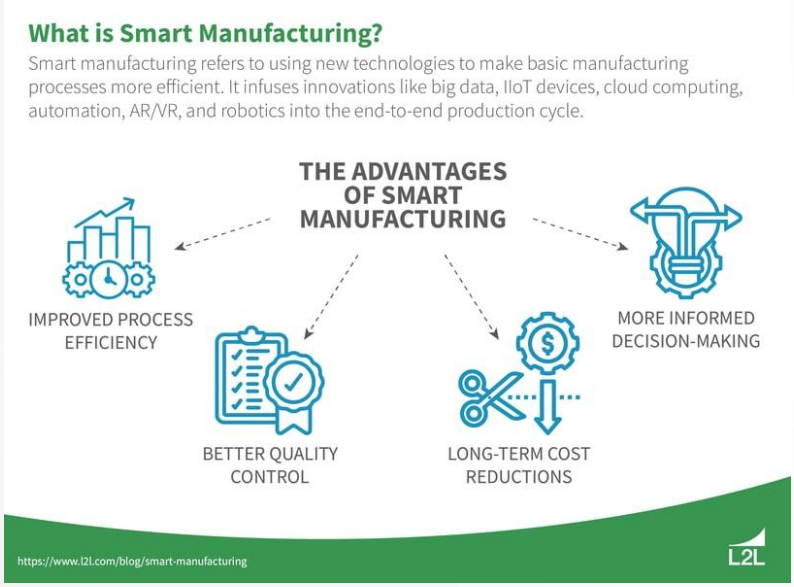
rad u oblaku i virtuelna stvarnost. Svakako, u materijal treba uključiti i problem sajber bezbednosti, kao i rad u oblaku i njegove mogućnosti. Pored toga, preporučuje se da se osmisle određena pitanja za samostalno odgovaranje ili u obliku testa sa višestrukim opcijama. Važno je da pitanja u nastavku ili druga pitanja koja se nalaze na kraju poglavlja upućuju na sadržaj u digitalnim materijalima na koje se odnose.

2.4 Nova filozofija dizajna: Pametna proizvodnja i ekologija

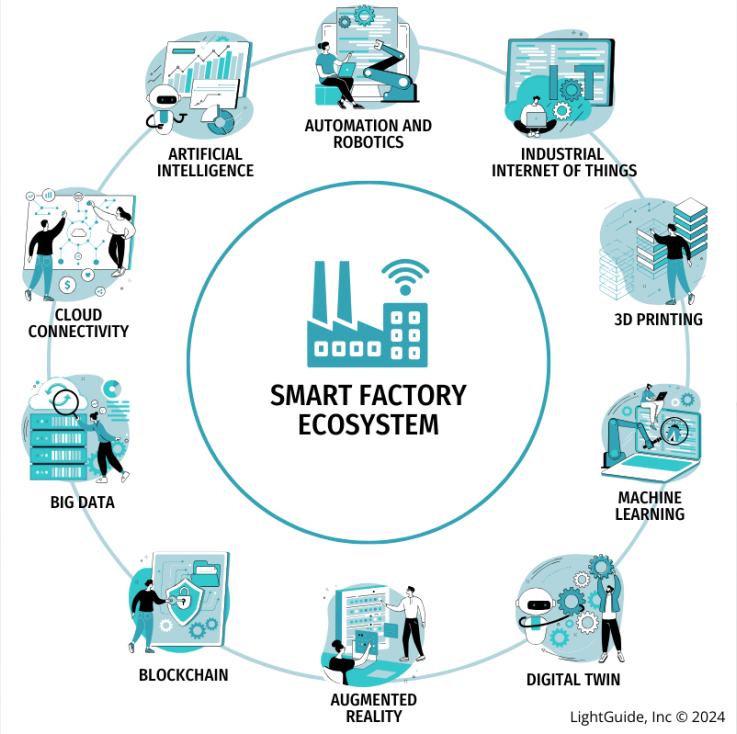
Proces dizajna i obuke odgovornih lica za pitanja proizvodnje jedan je od mnogih izazova koje pred nas postavlja Industrijska transformacija 4.0. U ovoj oblasti, preporučljivo je predstaviti materijale o pametnoj proizvodnji i ekološkim aspektima na platformi za e-učenje.

Pametna proizvodnja: „potpuno integrisani, kolaborativni proizvodni sistemi koji reaguju u realnom vremenu kako bi zadovoljili promenljive zahteve i uslove u fabrici, u mreži snabdevanja i u potrebama kupaca“ - definicija NIST-a (Nacionalni institut za standarde i tehnologiju).

Može se reći da se navedena definicija uklapa u realnost PAMETNE FABRIKE, odnosno mesta gde digitalizacija omogućava integraciju proizvodnih sistema na način da se smanje zastoji i kvarovi, povećaju produktivnost i kvalitet, eliminišu nezgode vezane za zdravlje i život zaposlenih i, što je najvažnije, poveća konkurentnost kompanije. Primer projekta pametne proizvodnje i pametne fabrike prikazan je na slikama 5 i 6.



Slika 5. Integracija sistema u pametnu proizvodnju i prednosti gore navedenog u okviru transformacije Industrije 4.0 [12]



Slika 6. Integracija sistema pametne fabrike i koristi od gore navedenog kao deo transformacije Industrije 4.0 [13]

Integracija svih sistema i prednosti gore navedenog predstavljeni su u mnogobrojnim izvorima, na primer, kao [14] i u onlajn izvorima. U okviru rada na platformama za e-učenje, preporučuje se postavljanje grafike i izrada video materijala ili upućivanje na video snimke koji prikazuju kako pametna fabrika implementira pametnu proizvodnju, jer ovo znanje naglašava važnost različitih alata Industrije 4.0 i može na neki način pozitivno uticati na učenje predmeta koji sadrže znanje iz ove oblasti. Čini se da ovo znanje o Pametnoj fabrici i Pametnoj proizvodnji treba da obuhvati i obuku trenera u oblasti implementacije savremenih alata za obuku. U materijalima za platformu, mogu se navesti određene kompanije koje su implementirale alate Pametne fabrike i koncepte poput Pametnog grada.

Ekologija u pametnoj proizvodnji

Ekološki aspekt u oblasti nove filozofije dizajna uglavnom je usmeren na odstupanje od prethodnog modela koji se veoma često zasniva na modularnom dizajnu mehanizama u korist fragmentacije dizajna na način da se može popraviti po niskoj finansijskoj ceni, ali i po niskoj ekološkoj ceni, koja se ne sastoji samo od energetskog aspekta, već i aspekta koji se odnosi na štetan proizvodni proces. Umesto jedinstvenog integrisanog modula u kome se nalaze komponente koje je nemoguće popraviti kao zasebne i koje zahtevaju zamenu celog modula treba da se ide u pravcu dizajna gde se pojedinačni mehanizmi mogu odvojeno zameniti, što smanjuje nepovoljan ekološki aspekt povezan sa nepotrebnom proizvodnjom mehanizama koji pravilno funkcionišu. Ovaj aspekt ekologije je veoma naglašen ne samo u automobilskom sektoru ili proizvodnji metala, već se pre svega odnosi na svakodnevne predmete, što pogađa sve nas kao korisnike.

U pogledu metalske industrije i implementacije rešenja Pametne proizvodnje, preporučljivo je da se izvrši neka vrsta analize trenutne tehnologije proizvodnje i preduzmu mere za minimiziranje potrošnje, kako materijala od kojih se izrađuju proizvodi tako i materijala vezanih za proizvodnju koji podržavaju tehnološki proces. U ovoj oblasti postoje realne mogućnosti za smanjenje potrošnje električne energije, vode, hemikalija, nepotrebnog transporta, koje možemo merljivo predstaviti kao primenu ekoloških „dobrih praksi“ u okviru Pametne proizvodnje. Ključ za implementaciju različitih rešenja Pametne proizvodnje i Pametne fabrike je da se sprovedu merljive promene u eri propisa koji su uvedeni u cilju regulisanja aktivnosti u okviru energetske tranzicije i Evropskog zelenog dogovora.

U oblasti Pametne proizvodnje preporučuje se da se u informativnim materijalima platforme za e-učenje razviju određena pitanja vezana za tehnološki proces koja određuju ekološke promene u poslovanju preduzeća. Ove promene mogu se odnositi i na dizajn proizvoda i na sam tehnološki proces. Istovremeno, platforma za e-učenje može sadržati bazu linkova ka trenutno postojećim javno dostupnim materijalima iz oblasti Pametnog dizajna u ekološkom pogledu i Pametne proizvodnje.

Preporuke:

Iz predstavljenog poglavlja preporučuje se razvoj digitalnog materijala za platformu za e-učenje u kom su Pametna proizvodnja i Pametna fabrika predstavljene kao nešto što u potpunosti ispunjava zahteve industrijske transformacije Industrije 4.0. Pored toga, preporučuje se razvoj nekoliko pitanja za samostalno odgovaranje ili u formi testa sa više različitih opcija odgovora. Važno je da pitanja u nastavku ili druga pitanja koja se nalaze na kraju poglavlja upućuju na sadržaj u digitalnim materijalima na koje se odnose.

2.5 3D štampanje

Tehnologije 3D štampanja, poznate i kao Aditivna proizvodnja, postale su sastavni deo sveta proizvodnje. U zavisnosti od kompanije i industrije strukovnog usavršavanja, uloga 3D štampe je različita.

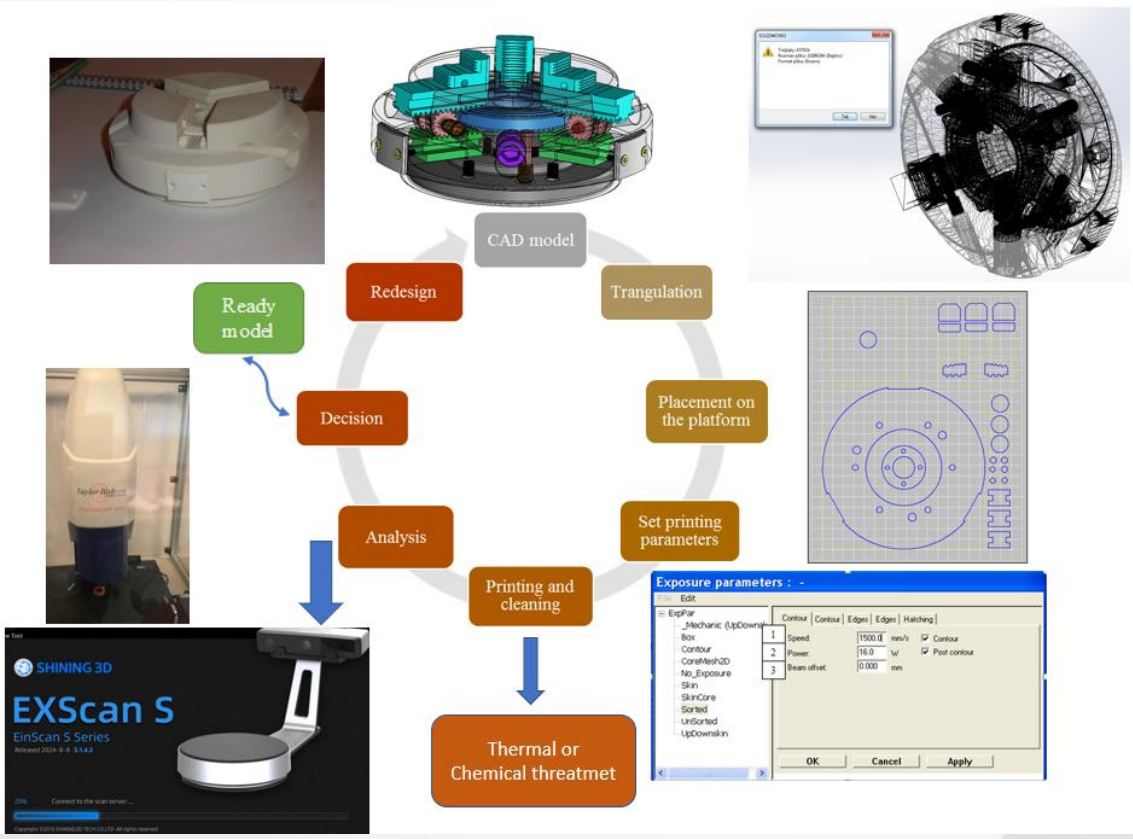
Šta je 3D štampanje

Tehnologije 3D štampanja poznate su od osamdesetih godina prošlog veka, kada su razvijeni prvi sistemi 3D štampanja. Ovaj period su uglavnom obeležile dve tehnologije 3D štampe: Fused Deposition Modeling (FDM) i foto-sušenje tečnih polimernih smola - Stereolithography (SLA). Od tada je došlo do brzog razvoja tehnologije 3D štampe, kako u pogledu novih tehnologija, tako i materijala.

3D štampanje podrazumeva kreiranje modela sloj po sloj, na osnovu digitalnih modela 3D datoteka. Digitalizacija 3D štampe je sada na veoma naprednom nivou i razvoj u ovoj oblasti je veoma intenzivan. Trenutno 3D štampa omogućava proizvodnju modela od materijala na bazi plastike, metala i keramike. Najpopularniji materijali koji se koriste u 3D štampi su ABS, Polamid, PLA, alatni čelici, čelici na bazi titanijuma, nerđajući čelici kao što su 316L, materijali na bazi kvarcnog peska i keramika, itd. Ovakav širok spektar materijala čini da 3D štampanje ima veoma široku primenu.

Princip rada

Platforma za e-učenje koja se razvija treba da sadrži informacije o osnovama funkcionisanja 3D štampanja, koje ilustruju koliko je proces napredan. Sažet primer proizvodnje prototipa pomoću tehnologije 3D štampanja prikazan je u nastavku na slici 7, zajedno sa informacijama o tome koliko je napredno 3D štampanje.



Slika 7. Metodologija izrade modela primenom tehnologije 3D štampe i alata za analizu

Kao što vidite, tehnologije 3D štampanja nisu jednostavne za upotrebu i zahtevaju visok nivo znanja u svakoj fazi proizvodnje, što je prikazano na slici 7. Važno je napomenuti da je za implementaciju 3D štampe potreban zaposleni sa sveobuhvatnim tehnološkim i digitalnim znanjem. Počinjemo rad sa 3D štampom razvijanjem ili dobijanjem 3D modela korišćenjem drugih metoda – CAD. Zatim prelazimo na proces čuvanja datoteke kao mreže trouglova (npr. STL). Sledeći korak je pravilno pozicioniranje modela na radnoj platformi 3D štampača u digitalnom obliku i izbor odgovarajuće strategije 3D štampanja kroz odabir željenih tehnoloških parametara, a u mnogim slučajevima izbor odgovarajućih nosača za izabrane delove

modela. Sledeća faza je već proizvodni proces, koji, međutim, takođe zahteva operacije čišćenja, uklanjanje nosača, toplotnu ili hemijsku obradu i prelazak na proces analize. Proces analize 3D štampe u pogledu izrade prototipa obuhvata širok spektar mogućih testova, ali ključno u ovoj fazi je upotreba 3D skeniranja, na primer, koja će biti detaljno opisana u narednom poglavlju. Nakon analize sledi faza odlučivanja. Ukoliko model poseduje očekivani kvalitet, proizvodni proces se može završiti, ali u slučaju nedostataka, grešaka ili netačnosti, tehnološki proces se mora ponoviti. Greške su mogle nastupiti u bilo kojoj fazi prikazanoj na kružnom grafikonu na slici 7.

U pogledu platforme za e-učenje, preporučuje se u ovoj oblasti da se predstave informacije o složenosti procesa izrade prototipa kako bi poslodavci, zaposleni ili polaznici obuke bili svesni da 3D štampa zahteva kvalifikovanog radnika koji je prošao odgovarajuću obuku.

3D štampa u Fabrici metala

Proces implementacije 3D štampe u industrijskom segmentu je sada na veoma naprednom nivou. Gotovo svaka prerađivačka industrija u određenoj meri koristi 3D štampu, a vrlo često i druge neproizvodne industrije koriste 3D štampu za povećanje konkurentnosti na tržištu.

U oblasti metalske industrije, 3D štampa se uglavnom svodi na proizvodnju prototipova ili kratkih proizvodnih serija. U ovoj oblasti, savršena je kombinacija jeftinog 3D štampača koji realizuje FDM tehnologiju sa plastikom u novom ISO/ASTM 52900 standardu poznatom kao MEX (ekstruzija materijala) i tehnologije iz grupe za 3D štampanje metalnog praha - Powder Bed Fusion (FBF). 3D štampa u metalskim kompanijama omogućava razvoj više prototipova u veoma kratkom vremenskom periodu. U početku se koristi plastična 3D štampa sa veoma niskim troškovima materijala od oko 25-30 evra/kg, a zatim se koristi 3D štampa na bazi metala. Na platformi za e-učenje nije zgoreg istaći ovu ulogu 3D štampe - eliminaciju troškova i kratko vreme potrebno za implementaciju proizvoda u masovnu proizvodnju ubrzavanjem procesa izrade prototipa. Primer modela izrađenog 3D štampanjem iz materijala na bazi metalnog praha prikazan je na slici 8. Potrebno je obratiti pažnju na neophodnost projektovanja nosećih konstrukcija i problematičnu prirodu njihovog naknadnog uklanjanja. Zbog fleksibilnosti proizvodnje, nedostatka potrebe za alatima u tehnološkom procesu, mogućnosti izrade modela složenih oblika, i širokog asortimana dostupnih materijala u eri industrijske transformacije 4.0, 3D štampanje predstavlja značajan alat koji pruža konkurentsku prednost metalskim/proizvodnim kompanijama.

Slika 8. 3D štampanje metala - primer gotovog proizvoda.[15]

3D štampanje u strukovnom obrazovanju i osposobljavanju

Kada je reč o tehnologiji 3D štampe i industriji stručnog osposobljavanja, neophodno je pomenuti sledeće dve oblasti:

- Uvod u opštu metodologiju 3D štampe

- Obuka iz oblasti rada štampača

Opštu metodologiju svakako treba uključiti u razvijene programe obuke u okviru industrije strukovnog obrazovanja i osposobljavanja. Platforma za e-učenje treba da omogući upoznavanje sa ovakvim pitanjima, ali i da uvede mogućnost implementacije drugog dela, a to je obuka za korišćenje ovakvih sistema. Platforma za e-učenje, zahvaljujući mogućnosti rada u oblaku, savršeno se uklapa u realnost industrijske transformacije. Primer takvog rešenja koje se može uključiti u platformu u razvoju je besplatni softver **MakerBot CloudPrint**, koji iz bilo kog veb pregledača omogućava realizaciju simulacija procesa 3D štampe i analizu uticaja tehnoloških parametara na odabrane karakteristike kvaliteta proizvedenih modela. Pored toga, postoje i zadaci koji se mogu uvrstiti na platformu za e-učenje, na primer, koji omogućavaju procenu uticaja tehnoloških parametara na proizvodni proces:

- analiza digitalne datoteke,

- uticaj debljine sloja koji se kreira,

- analiza uglova 3D štampe,

- gustina punjenja

Kao pomoć prilikom rešavanja takvih zadataka, može se pristupiti materijalima objavljenim na platformi za e-učenje, na primer, u formi PDF udžbenika sa vežbama. Jedan takav primer je knjiga „**Fundamentals of rapid prototyping 3D printing FDM/FFF technology" ("Osnove brze izrade prototipa korišćenjem FDM/FFF tehnologije 3D štampe“**), autora Kozior i Bochnia. Radna sveska za softver koji radi u Cloud-u i Makerbot Sketch 3D štampačima dostupna je za kupovinu na mreži u papirnom ili u PDF formatu [16]. Autori su osmislili ovaj udžbenik upravo za potrebe obuke u okviru industrije strukovnog obrazovanja i osposobljavanja.

Kada su u pitanju kvalifikacije operatera 3D štampača, primenjuju su međunarodni ISO/ASTM standardi, koji se odnose na proces obuke i sertifikacije u oblasti 3D štampe metalnog praha, naročito ISO/ASTM 52926-2:2023 **Additive manufacturing of metals — Qualification principles — Part 2: Qualification of operators for PBF-LB** [17]. Važno je napomenuti da je 3D štampa kao specijalizovana industrija u pogledu stručne osposobljenosti zaposlenih izuzetno značajna u procesu traženja posla. Veliki izazov u oblasti 3D štampe, naročito kada je metal u pitanju, je oblast bezbednosti na koju se preporučuje da se obrati pažnja u materijalima platforme za e-učenje.

U pogledu strukovnog osposobljavanja i obrazovanja iz oblasti 3D štampe, vredi razmotriti mogućnost realizacije nastave u hibridnom obliku. Tako teorijski deo može da se odvija kao rad u oblaku, a praktični deo sa kupljenim 3D štampačima, koji za potrebe nastave ne moraju biti skupi i čije cene se kreću od 1000 evra po štampaču. Danas centri za stručno usavršavanje sve više koriste 3D štampače koje su kupili za potrebe obuke ili koriste bazu, na primer, tehničkih univerziteta.

Preporuke:

Iz predstavljenog poglavlja, preporučuje se razvoj digitalnog materijala za platformu za e-učenje koji predstavlja 3D štampanje kao inovativni alat Industrije 4.0 koji je izuzetno napredan zbog čega zahteva obuku, i čiji veliki potencijal za implementaciju u metalskoj

industriji nastavlja da raste. Važno je da pitanja u nastavku ili druga pitanja koja se nalaze na kraju poglavlja upućuju na sadržaj u digitalnim materijalima na koje se odnose.

2.6 3D skeniranje i metrologija

Oblast 3D skeniranja je nesumnjivo jedna od najrelevantnijih oblasti u pogledu implementacije alata Industrije 4.0, koju je moguće implementirati u proizvodnom i metalskom sektoru kao i u industriji strukovnog osposobljavanja i obrazovanja - SOO. 3D skeniranje fizičkih modela je, u pogledu rada sa digitalnim datotekama, podjednako komplikovano kao 3D štampanje, a u mnogim slučajevima čak i komplikovanije. U slučaju implementirane platforme za e-učenje, vredi obratiti pažnju na pitanja koja se odnose na stepen složenosti i važna područja koja se odnose na naknadnu analizu rezultata dobijenih skeniranjem.

Postupak 3D skeniranja

3D skeniranje počinje pravilnim podešavanjem skenera i izborom odgovarajućih parametara skeniranja. Odličan primer skenera koji se široko koriste u industrijskoj praksi u metalskom sektoru i u oblasti stručnog osposobljavanja je skener sa rotirajućim stolom. Kada je u pitanju praktična primena u metalskoj industriji, takav skener omogućava skeniranje objekata čije dimenzije obuhvataju nekoliko metara i obavljanje dimenzionog pregleda pomoću namenskog softvera. Veština 3D skeniranja može se steći i pomoću didaktičkih 3D skenera opremljenih rotirajućim stolom, ali koji se odlikuju kompaktnim dizajnom i dimenzijama koje omogućavaju da se skeneri smeste u nastavne prostorije.

Nakon odabira parametara skeniranja, započinje proces i prikuplja se tzv. oblak tačaka. Za jednostavan predmet, oblak tačaka može sadržati do nekoliko miliona tačaka, a sam proces može trajati poprilično dugo. Proces prikupljanja tačaka praćen je procesom obrade podataka, koji se sastoji od:

- povezivanja pojedinačnih skeniranja,

- uklanjanja pogrešno prikupljenih tačaka,

- popunjavanja površina koje se nisu mogle izmeriti,

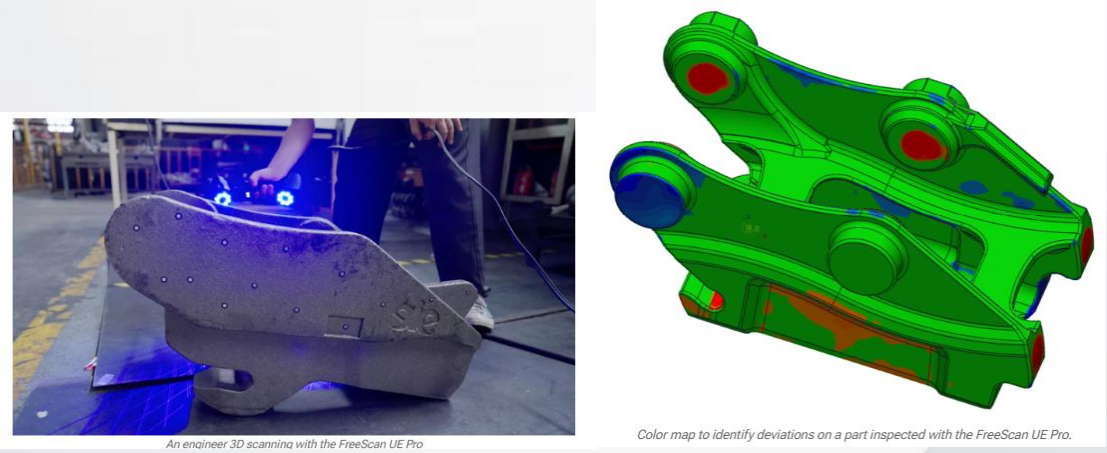
- kreiranja finalne mreže i generisanja izlazne datoteke poput ASC ili STL.

Svi navedeni koraci zahtevaju sticanje relevantnih znanja, koja se svakako mogu steći putem, na primer, vežbi u centru za stručno usavršavanje u radu sa didaktičkim skenerima. Primer integracije procesa 3D štampanja i 3D skeniranja prikazan je na primeru prostorije za didaktičku obuku za strukovno obrazovanje koja se nalazi u Laboratoriji za nekonvencionalne proizvodne tehnologije na Tehnološkom univerzitetu Kjelce u Poljskoj na slici 9. Link ka veb stranici laboratorije nalazi se u spisku korišćene literature. [18]

Slika 9. Integracija 3D štampanja i 3D skeniranja u didaktičke svrhe strukovnog obrazovanja sprovedena na Tehnološkom univerzitetu Kjelce, Kjelce, Poljska.

Kontinuirani razvoj digitalnih tehnologija vezanih za skeniranje čini da industrijski sistemi sve više liče na metrološke merne instrumente kao što su koordinatne merne mašine ili merne ruke, iako je njihova uloga slična. Primer takvog skenera prikazan je na slici 10. Važna karakteristika 3D skeniranja je mogućnost dimenzionog pregleda i, pre svega, brzo otkrivanje grešaka, što se savršeno uklapa u realnost Pametne proizvodnje i Pametne fabrike. 3D skeniranje kao metrološki sistem velike brzine za procenu tačnosti dimenzija i oblika može da izvrši dimenzioni pregled velikih komponenti proizvedenih od metala, praktično u realnom vremenu i, što je važno, takvi sistemi 3D skeniranja vrlo često mogu biti mobilni metrološki sistemi za pregled.

Slika 10. 3D skeniranje pomoću 3D skenera [19]



Slika 11. Dimenzioni pregled modela nakon 3D skeniranja u smislu odstupanja između očekivanog modela i dobijenog modela [20]

Preporuke:

Iz predstavljenog poglavlja preporučuje se razvoj digitalnog materijala za platformu za e-učenje koji predstavlja 3D skeniranje kao inovativni alat za Industriju 4.0, koji je izuzetno napredan i za koji je potrebna obuka, sa visokim i rastućim potencijalom za implementaciju u metalskoj industriji, posebno u oblasti proizvodne metrologije. Važno je da pitanja u nastavku ili druga pitanja koja se nalaze na kraju poglavlja upućuju na sadržaj u digitalnim materijalima na koje se odnose.

2.7 Veštačka inteligencija

Veštačka inteligencija ima širok spektar primene u industriji, gde je jedna od ključnih oblasti upravo proizvodni proces i njegov aspekt vezan za automatizaciju i LEAN proizvodnju. Mašinski sistemi koji funkcionišu pomoću veštačke inteligencije mogu nezavisno (samostalno) da kontrolišu rad mašina i opreme, optimizujući njihov rad kao što je slučaj u LEAN procesu, ali na jedan autonoman način. Prednosti takvog rešenja su uglavnom odlike opisane u nastavku, kao što su: [21]

- povećanje produktivnosti,

- smanjenje zastoja usled, na primer, kvarova i nestašica materijala,

- unapređenje kvaliteta;

- ušteda vremena,

- povećana konkurentnost kompanije.

Odličan primer primene veštačke inteligencije u velikim industrijskim postrojenjima u metalskom sektoru je upotreba mašina, opreme i softvera zasnovanog na veštačkoj inteligenciji (AI) za potrebe održavanja i predviđanja događaja poput kvarova, nedostatka materijala i habanja. Veštačka inteligencija ima veliku primenu u izuzetno važnom domenu kontrole kvaliteta. Sve ove aktivnosti se sprovode korišćenjem ogromnog broja senzora i velike računarske snage, što omogućava pravovremeno preduzimanje preventivnih mera i izbegavanje skupih zastoja i popravki.

Međutim, ovakva upotreba veštačke inteligencije zahteva obuku zaposlenih u vezi sa načinom funkcionisanja alata za veštačku inteligenciju i potrebu da se obezbedi pristup procesnim podacima, što se može javiti kod pravilnog servisiranja mašina i opreme preduzeća. Svest zaposlenih na svim nivoima o značaju ovako složenog procesa i uticaju rada samo jednog senzora na tačnost predviđanja je od ključnog značaja.

Primeri rešenja veštačke inteligencije uključuju optimizaciju lanca snabdevanja u metalskoj industriji i prilagođavanje proizvoda. U oba navedena primera primenjuje se princip analize skupova podataka koji se često naziva „Big data“ (velike količine podataka), i koji predstavlja jedan od alata Industrije 4.0 o kojima se dosta polemiše. Primer integracije alata u globalu u okviru Big data prikazan je na slici 12. U platformu za e-učenje koja se trenutno razvija potrebno je uključiti i grafičke prikaze informacija u vezi sa gore navedenom temom.

Slika 12. Grafički prikaz velikih skupova podataka, tzv. Big data za sektor proizvodnje [22]

Platforma za e-učenje koja se razvija svakako treba da sadrži kako osnovne informacije o prednostima korišćenja veštačke inteligencije u proizvodnim procesima, tako i detaljnije informacije o praktičnim vrstama softvera koji se već sada primenjuju u industriji.

Primeri softvera koji trenutno rade na principu veštačke inteligencije i mogu se implementirati u metalskoj industriji uključuju:

Postupak zavarivanja

U postupku zavarivanja dobar primer primene veštačke inteligencije je softver poput COGNEX VisionPro, koji koristi veštačku inteligenciju za analizu primljenih slika i podataka iz postupka zavarivanja, što posledično omogućava automatsko i autonomno podešavanje parametara zavarivanja u realnom vremenu. Brzina takvog procesa i sposobnost razvoja baze veštačke inteligencije rezultira proizvodom većeg kvaliteta zavarivanja sa manje nedostataka.

Metrologija - kontrola kvaliteta

Analizom slika dobijenih sa kamera i primenom tehnologije prepoznavanja slika u vizuelnom pregledu u proizvodnom procesu mnogo preciznije i brže mogu se otkriti nedostaci i mane, praktično u realnom vremenu, te otkloniti neodgovarajući modeli daljih proizvodnih procesa.

Sistemi upravljanja proizvodnjom

Siemens Opcenter softver predstavlja primer implementacije alata koji podržavaju proces planiranja i optimizacije planova proizvodnje korišćenjem algoritama veštačke inteligencije. Takav softver pomaže u smanjenju vremena povezanog sa prebacivanjem sa mašine na mašinu i zastojima između postupaka.

Simulacije i modeliranje

Softver poput Altair HyperWorks (Design and Simulation Platform) koristi alate veštačke inteligencije u oblastima fizike, dizajna, inženjeringa, omogućavajući brži i efikasniji dizajn novih komponenti za metalsku industriju, na primer. Čitav spektar namenskog softvera za podršku radu inženjera dostupan je na platformi www.altair.com (2025).

Strukovno obrazovanje i osposobljavanje - SOO

Na osnovu brojnih sistema dostupnih na tržištu koji se koriste kao podrška proizvodnim procesima, kako u oblasti realne industrijske implementacije, tako i u domenu strukovnog obrazovanja i osposobljavanja, postoji realna mogućnost da se takav softver odabere i počne koristiti u didaktičkom procesu. Na platformi za e-učenje koja je trenutno u razvoju, potrebno je navesti već poznate aplikacije veštačke inteligencije sa kojima se svakako susrećemo na dnevnom nivou, kao što su Chat GPT i chatbotovi koji nam pomažu da preciziramo upite, porudžbine i omogućavaju komunikaciju sa klijentima. Ipak, treba staviti naglasak i na

pitanja koja se tiču podrške proizvodnji, analize kontrole kvaliteta korišćenjem sistema velike brzine za procenu slika uz pomoć veštačke inteligencije ili kontrole procesa zavarivanja.

Preporuke:

Iz prikazanog poglavlja preporučuje se razvoj digitalnog materijala za platformu za e-učenje u kom je veštačka inteligencija predstavljena kao alat koji se svakodnevno koristi i kao podrška radu inženjera i metalaca u sektoru proizvodnje/kontrole kvaliteta/održavanja/planiranja itd. Takođe je potrebno naglasak staviti i na velike skupove podataka - Big Data. Važno je da pitanja u nastavku ili druga pitanja koja se nalaze na kraju poglavlja upućuju na sadržaj u digitalnim materijalima na koje se odnose.

2.8 Automatizacija proizvodnje i robotika

Savremeni proizvodni proces koristi sve veći broj robota u mnogim oblastima proizvodnje. Proces u kojem mašine preuzimaju sve više zadataka koje uobičajeno obavljaju ljudi omogućava smanjenje broja nezgoda i ubrzanje proizvodnje, a u mnogim slučajevima i smanjenje zastoja, što sve za posledicu ima povećanu produktivnost. Industrijska transformacija znači da robotizacija, kroz integraciju više različitih uređaja sa Internetom i sajber-fizičkim sistemima, ubrzava rad i uklapa se u okvire Pametne fabrike. Uvođenje robotizacije u proizvodni proces omogućava obavljanje često najtežih poslova iz ljudske perspektive i, kao i u prethodnim industrijskim revolucijama 1-3, poboljšava uslove rada.

Uvođenje mašina za racionalizaciju proizvodnog procesa i posledično povećanje automatizacije preduzeća u eri trenutne industrijske revolucije ne može se odvijati bez upotrebe robota. Roboti se u preduzećima koriste za:

- transport,

- preglede i provere,

- montažu,

- varenje,

- farbanje,

- pakovanje i sortiranje.

- čišćenje

- proizvodnju prototipova (3D štampa)

U današnje vreme, razvoj upravljačkih sistema, upotreba veštačke inteligencije i napredak tehnologije doveli su do smanjenja troškova povezanih sa implementacijom robota u industrijske svrhe i pojednostavili je. Do nedavno su roboti koristili izuzetno primitivan sistem kontrole i navođenja, a sada AMR (Autonomous Mobile Robots) koriste veštačku inteligenciju i mašinsko učenje.

U platformu za e-učenje koja se razvija, potrebno je uključiti opšte informacije o robotizaciji i automatizaciji preduzeća u okviru metalskog sektora, ali istovremeno i navesti određene primere upotrebe AMR robota u smislu njihove praktične upotrebe i programiranja.

Preporuke:

Iz predstavljenog poglavlja preporučuje se razvoj digitalnog materijala za platformu za e-učenje u kom su predstavljene automatizacija i robotizacija kao međusobno povezane alatke Industrije 4.0. Potrebno je navesti primenu veštačke inteligencije u ovoj oblasti i smanjenje troškova povezanih sa njom. Važno je da pitanja u nastavku ili druga pitanja koja se nalaze na kraju poglavlja upućuju na sadržaj u digitalnim materijalima na koje se odnose.

2.9 LEAN principi u proizvodnji metala

LEAN dizajn se savršeno uklapa u filozofiju Pametne proizvodnje i Pametne fabrike. LEAN koncept u proizvodnji, odnosno LEAN proizvodnja, je, na neki način, idealna filozofija za Industrijsku transformaciju 4.0 jer zahteva sprovođenje promena u mnogim oblastima baš kao što to čini sa mnogim alatima Industrije 4.0. U oblasti proizvodnog procesa i rada fabrike, LEAN koncept odnosi se na osmišljavanje tehnološkog procesa na odgovarajući način kako bi se minimizirali troškovi/potrebne operacije, vreme implementacije, vreme izrade prototipa, vreme za rešavanje prigovora, problemi u upravljanju procesima, itd.

Neka od ovih pitanja svakako se mogu implementirati u okviru tehnološkog procesa za koji je odgovoran tehnološki kadar kompanije u metalskom sektoru. U ovoj oblasti bavimo se pitanjima obuke ovih zaposlenih već u fazi stručnog osposobljavanja.

U pogledu obuke, međutim, važno je uzeti u obzir LEAN koncept za novoimplementirane alate Industrije 4.0, na primer, u oblasti rada u oblaku, što smanjuje upravo vreme proizvodnje, rešavanja prigovora, implementacije novih tehnologija, toka dokumentacije. Pored toga, LEAN proizvodnja može se implementirati u oblasti proizvodnje prototipa pomoću 3D štampanja i samostalnog brzog prototipa za brzu verifikaciju pomoću 3D skenera. Takva integracija sistema takođe omogućava štedljiv dizajn u smislu korišćenih materijala i optimizacije dizajna kako bi se ispunili zahtevi kvaliteta, uz istovremeno obezbeđivanje male težine i niske potrošnje energije u toku proizvodnje.

Oblast LEAN proizvodnje podrazumeva oblast cirkularne ekonomije, odnosno tehnološke procese osmišljene na način da se potrošnja električne energije svede na najmanju moguću meru, osmišljavanje tehnološkog lanca ili proizvodnih operacija kako bi se negativan uticaj na životnu sredinu sveo na najmanju moguću meru i pored profitabilnosti pojedinih procesnih procedura. U slučaju tehnologije proizvodnje, unapređenje tehnološkog procesa, na primer, smanjenje ponavljanja kretanja prese, broja neophodnih transporta teških modela, broja neophodnih pričvršćivanja i sl. [3], ili standardizacija određenih alata može doneti ogromne koristi ne samo sa stanovišta troškova proizvodnje, već i vremena, što stvara prostor za nove porudžbine i obezbeđuje veći kapacitet obrade.

U procesu obuke i razvoja onlajn platforme, potrebno je naglasiti da LEAN filozofija u kompaniji ne bi trebalo da postane pokretačka snaga svih segmenata kompanije. Strukovno osposobljavanje i obrazovanje kadrova treba da obuhvati koncept LEAN proizvodnje kao osnovu bilo kog tehnološkog procesa pod sloganom: „Proizvodite više koristeći manje“.

Pored toga, implementacija LEAN proizvodnje doprinosi smanjenju broja prigovora i na taj način povećava kvalitet proizvedenih modela. Danas se od zaposlenih očekuje da budu uključeni u aktivnosti kompanije, a njihove aktivnosti koje čak i najmanjoj meri sadrže LEAN filozofiju povećavaju potencijal proizvodnog preduzeća.

Preporuke:

Iz predstavljenog poglavlja preporučuje se razvoj digitalnog materijala za platformu za e-učenje koji predstavlja LEAN kao filozofiju dizajna i proizvodnje fokusiranu na Pametnu proizvodnju i Pametnu fabriku. Važno je da pitanja u nastavku ili druga pitanja koja se nalaze na kraju poglavlja upućuju na sadržaj u digitalnim materijalima na koje se odnose.

3. Zaključci

Da rezimiramo, platforma za e-učenje može biti razvijena na osnovu predstavljenih smernica, međutim, pojedini segmenti mogu biti izostavljeni, u zavisnosti od trenutnih potreba metalske industrije u datom regionu. Pored toga, platforma za e-učenje može svojim obimom prevazići oblasti o kojima je bilo reči u ovom dokumentu ukoliko je to potrebno da bi se program platforme prilagodio potrebama strukovnog osposobljavanja i obrazovanja - SOO određene zemlje i regiona.

Savremeni industrijski alati koji su deo Industrijske transformacije 4.0 zahtevaju kako implementaciju u oblasti industrijske prakse, tako i u oblasti stručnog osposobljavanja. Snažan akcenat treba staviti i na oblast ekologije proizvodnog procesa i bezbednosti korišćenja savremenih alata kao što su 3D štampači, roboti i dr.

Platforma za e-učenje može se sastojati od sadržaja predstavljenog na više različitih načina, na primer: video-snimci, prezentacije, biblioteka linkova ka veb-sajtovima/platformama ili materijali za obuku, na primer PDF datoteke sa vežbama.

Pitanja u tabeli na kraju svakog poglavlja mogu se grupisati i pripremiti na kraju kao jedan ili dva testa, a ne kao zasebna grupa pitanja za svaku temu predstavljenu u ovom dokumentu.

4 Reference

1. Industry 4.0 Tools dostupno onlajn: https://www.calsoft.com/what-is-industry-4-0/.

2. Centar za SOO, Kjelce, Poljska: https://ckz.kielce.eu/aktualnosci/21092022/nowi-partnerzy-centrum.

3. Liker, J.K.; Morgan, J.M. *Designing the Future*; Mcgraw Hill Book Co, 2018; ISBN 1260128784.

4. Digitalization in EU timeline dostupno onlajn: https://www.consilium.europa.eu/en/policies/a-digital-future-for-europe/timeline-digital-europe/.

5. Evropska agencija za sajberberzbednost (ENISA) dostupno onlajn: https://european-union.europa.eu/institutions-law-budget/institutions-and-bodies/search-all-eu-institutions-and-bodies/european-union-agency-cybersecurity-enisa_en.

6. ENISA - 2024 Izveštaj o stanju sajberbezbednosti u Uniji dostupno onlajn: https://www.enisa.europa.eu/publications/2024-report-on-the-state-of-the-cybersecurity-in-the-union.

7. ESET informacije o sajberbezbednosti dostupno onlajn: https://www.eset.com/gr-en/about/newsroom/press-releases-1/22-cybersecurity-statistics-to-know-for-2022/.

8. Informacije o oblaku na poljskom dostupno onlajn: https://workai.com/pl/blog-pl/intranet-w-chmurze/.

9. Solidworks rad u oblaku dostupno onlajn: https://www.youtube.com/watch?v=CZXf7Rvyg2A.

10. Zavarivanje u virtuelnoj stvarnosti dostupno onlajn: https://simbott.com/welding-simulator/.

11. Kratak film o zavarivanju u virtuelnoj stvarnosti dostupno onlajn: https://www.youtube.com/watch?v=2HPTvWxg9Kc.

12. Pametna proizvodnja - prednosti, dostupno onlajn: https://www.l2l.com/hs- fs/hubfs/what is smart manufacturing-1.png?width=811&height=600&name=what is smart manufacturing-1.png.

13. Pametna fabrika dostupno onlajn: https://www.lightguidesys.com/resource-center/blog/your-

guide-to-smart-factories-and-industry-4-0/.

14. Tarantino, A. *SMART MANUFACTURING: The Lean Six Sigma Way*; 2022; ISBN 9781119846642.

15. 3D štampa metala - slika dostupno onlajn: https://www.3dnatives.com/en/3d-printing-metals110420174/.

16. Kozior, T.; Bochnia, J. *Fundamentals of rapid prototyping 3D printing FDM/FFF technology*; Kielce University of Technology, Ed.; 2024; ISBN 0239-6386.

17. ISO/ASTM 52926-2:2023 Additive manufacturing of metals - Qualification principles - Part 2: Qualification of operators for PBF-LB 2023.

18. Kozior, T. Laboratory of Unconventional Manufacturing Technologies, Katedra za mehatroniku i mašinsko inženjerstvo, Tehnološki univerzitet u Kjelceu dostupno onlajn: https://wmibm.tu.kielce.pl/wmibm/badania-i-nauka/laboratorium-niekonwencjonalnych-technologii-wytwarzania/.

19. ZEISS 3D skeniranje ATOS dostupno onlajn: https://www.zeiss.pl/metrologia/systemy/optyczne-systemy-3d/skanowanie-3d/atos/atos-q.html.

20. Shining 3D skeniranje dimenzioni pregled dostupno onlajn: https://www.shining3d.com/a-look-at-a-full-dimensional-inspection-workflow-with-3d-scanning/.

21. Veštačka inteligencija opis AI dostupno onlajn: https://elplc.com/sztuczna-inteligencja-w-przemysle-jakie-ma-zastosowanie/.

22. Analyticssteps Big Data dostupno onlajn: https://www.analyticssteps.com/blogs/10-applications-big-data-manufacturing.

MetaTech Exchange

BRIDGING INDUSTRY 4.0 IN WESTERN BALKANS

Co-funded by the European Union

"Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only, and do not necessarily reflect those of the European Union or European Education and Culture Executive Agency (EACEA) . Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them."