

CELULA FLEXIBILĂ DE FABRICAȚIE – MIJLOACE DE REDUCERE A COSTURILOR DE FABRICAȚIE ÎN APLICAREA „INDUSTRIEI 4.0”

STANCIU Bianca-Maria

Conducător științific: Prof.Dr.Ing. Doru BARDAC

REZUMAT: În lucrare este prezentat conceptul „Industrie 4.0” ca mijloc de reducere a costurilor în dezvoltarea unei industrii eficiente. Principalul factor revoluționar al industriei 4.0 îl reprezintă imprimarea 3D, proces ce nu necesită matrițe, datorită metodei de fabricație aditivă, în care materialul este adăugat în straturi succesive. De asemenea, lucrarea prezintă avantajele majore ale acestei metode în comparație cu metodele tradiționale de fabricație

CUVINTE CHEIE: imprimare 3D, tehnologie aditivă, industrie 4.0, costuri reduse.

1 INTRODUCERE

Termenul de „Industrie 4.0” se referă la un stadiu avansat de dezvoltare în organizarea și managementul întregului proces al lanțului valoric în industria producătoare. Un alt termen pentru acest proces este „a patra revoluție industrială”. De o importanță crucială în industria 4.0 este interfața cu alte infrastructuri inteligente, cum ar fi cele pentru mobilitate inteligentă, rețea inteligentă, case și clădiri inteligente. Prin printare 3D se pot realiza mecanisme pe deplin funcționale, dintr-un singur proces tehnologic, fără a mai fi necesare alte procedee de asamblare post-producție.

2 STADIUL ACTUAL

Conceptul de industrie 4.0 este vast utilizat în Europa, în special în sectorul producător al Germaniei. În Statele Unite și în lumea vorbitoare de limbă engleză, la general, unii comentatori mai folosesc termenul de „Internetul lucrurilor”, de „internetul tuturor lucrurilor” sau de „internetul industrial”. Ce au în comun acești termeni și concepte este recunoașterea faptului că producția tradițională și mijloacele de producție suferă de o transformare digitală. De ceva timp, procesele industriale au adoptat crescător tehnologia modernă informatică (IT), dar tendințele recente se duc dincolo de simpla automatizare a producției care, încă din 1970, a fost condusă de dezvoltarea electronicii și IT-ului. Mașinile inteligente partajează informații continuu despre nivelul curent de stocuri, probleme sau defecte sau modificări în cadrul comenzilor sau la nivelul cererilor. [1]

¹ Specializarea Inginerie Avansată Asistată de Calculator, Facultatea IMST;

E-mail: bianca.stanciu24@yahoo.com

2.1 Definiția industriei 4.0

Termenul de „industrie 4.0” sau „internetul lucrurilor” sunt termeni sinonimi, ce reprezintă mijloacele prin care tehnologiile actuale îmbunătățesc mijloacele de fabricație. Imprimarea 3D, tehnologia senzorială, inteligența artificială, robotică, drone și nanotehnologie sunt doar câteva exemple de tehnologii cu creștere exponențială care schimbă radical procesul industrial, accelerându-l și făcându-l mai flexibil. [2]

2.2. Caracteristicile industriei 4.0

Următoarele patru caracteristici generale ale industriei 4.0 (vezi figura 1) demonstrează capacitatea uriașă pe care industria și producția tradițională o au pentru schimbare: rețele verticale pentru sistemele de producție, integrare orizontală cu ajutorul unei noi generații de rețele globale de lanțuri valorice, inginerie-integrată de-a lungul întregului lanț valoric și impactul tehnologiilor exponențiale.

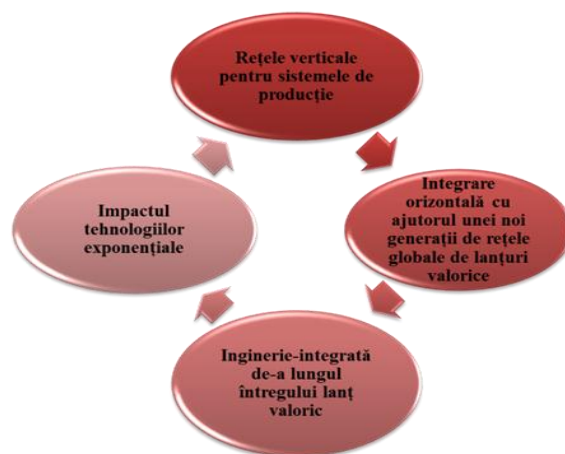


Fig. 1. Cele 4 caracteristici ale industriei 4.0

2.2.1 Rețele verticale pentru sisteme de producție inteligente

Rețele verticale pentru sisteme de producție inteligente – folosesc sisteme de producție cibernetice (CPPSs) pentru a le permite uzinelor să reacționeze rapid la schimbările în cereri sau la nivelele stocurilor și a defectelor. Fabricile inteligente se organizează și permit o producție care este individualizată și specifică fiecărui client.

CPPSs permit nu numai organizarea autonomă a managementului de producție, dar și mentenanța managementului. Resursele și produsele sunt interconectate, și materialele și componentele pot fi localizate oriunde, oricând. Toate stadiile procesării în procesul de producție sunt înregistrate, cu discrepanțele înregistrate automat. Rectificări ale comenzilor, fluctuații în calitate sau defecțiuni ale echipamentelor și utilajelor pot fi tratate mai rapid. Aceste procese permit, de asemenea, ca uzura materialelor să fie monitorizată mai eficient sau să fie prevenită. În ansamblu, risipa este redusă.

Un mare accent este atașat eficienței resurselor și, în particular, folosirea eficientă a materialelor, energiei și resurselor umane. Cerințele de la muncitorii angajați în sarcini operaționale, cum ar fi producția, depozitarea, logistica și mentenanța sunt, de asemenea, în schimbare, ceea ce înseamnă că noi calificări în a lucra eficient cu CPPSs sunt necesare. [3]

2.2.2 Integrare orizontală

Integrare orizontală cu ajutorul unei noi generații de rețele globale de lanțuri valorice - aceste noi rețele valori-creație sunt rețele optimizate în timp real care permit transparență integrată, oferă un nivel înalt de flexibilitate pentru a răspunde mai rapid problemele și defectelor și pentru a facilita o optimizare globală mai bună.

Acesta crează transparență și flexibilitate de-a lungul întregului lanț de proces - de la achiziție, producție și până la vânzare, spre exemplu, sau de la un furnizor, prin intermediul companiei, până la client. Adaptările specifice clientului pot fi făcute nu doar în producție, ci și în dezvoltare, comandare, planificare, compoziție și distribuție a produselor, permițând factorilor, precum calitatea, timpul, riscul, prețul și sustenabilitatea mediului înconjurător să fie manevrată dinamic, în timp real și în toate stadiile lanțului valoric. [4]

2.2.3 Inginerie-integrată de-a lungul întregului lanț valoric

Această inginerie are loc perfect în timpul proiectării, dezvoltării și fabricării de noi produse și servicii. Noile produse au nevoie și/sau de sisteme de producție modificate. Dezvoltarea și producția de noi produse și de sisteme de producție este integrată și coordonată cu ciclurile de viață ale produselor, permițând ca noi sinergii să fie create între dezvoltarea produsului și sistemul de producție. [2]

Caracteristic acestei inginerii-integrate este faptul că datele și informațiile sunt disponibile pe toată durata ciclului de viață al produsului, permițând procese noi, mai flexibile să fie definite de date prin remodelarea prototipului și a stadiului produsului. [3]

2.2.4 Avânt cu ajutorul tehnologiilor exponențiale

A patra caracteristică principală a industriei 4.0 este impactul pe care tehnologiile exponențiale le au ca accelerant sau catalizator care permite individualizarea soluțiilor, flexibilitate și reduce a costurilor în procesul industrial.

Industria 4.0 necesită deja soluții automatizate, care să fie înalt cognitive și autonome. Inteligența artificială (AI), robotică avansată și tehnologia senzorială au potențialul de a crește autonomia mai mult și de a accelera individualizarea și flexivitatea.

Inteligența artificială nu doar ajută la planuirea rutelor vehiculelor autonome în fabrici și depozite, ci economisește timp și costuri în Supply Chain Management (SCM), crește fiabilitatea în producție, dar poate și ajuta găsirea noilor construcții și soluții de design sau să crească cooperarea dintre oameni și utilaje.

Un prim exemplu unde tehnologia exponențială accelerează industria 4.0 și o face și mai flexibilă este imprimarea 3D, care permite soluții noi de producție. În timp ce imprimarea 3D există deja pentru toate materialele (metal, plastic, ceramică, celule vii), nu toate materialele îndeplinesc cererile industriale cu privire la porozitate și alte caracteristici. În cazurile în care calitatea cerută a fost atinsă, procese de calificare a unor materiale mai durabile sunt desfășurate, comparându-se cu procesele pentru oricare alt nou material. [4]

3 RELEVANȚA IMPRIMĂRII 3D ÎN FABRICAȚIE

Majoritatea aplicațiilor imprimării 3D sunt folosite în stadiul de prototip. În unele cazuri, mici componente printate 3D sunt folosite în primă serie, care pot fi lansate rapid pentru a fi testate pe piață, înainte de se investi în matrițe și linii de montaj.

Fabricația aditivă, cunoscută ca imprimarea 3D, se referă la un amalgam de tehnologii care produc obiecte prin adăugarea de material, în loc să elimine mecanic sau prin frezarea materialului dintr-un bloc solid.

Imprimarea 3D implică construirea unui produs prin adăugarea unor straturi secvențiale de pudră fină sau lichid. Materialele implicate includ o gamă largă de metale, plastice și materiale compozite. Sunt disponibile până la 12 culori, în funcție de materialul utilizat: nylon, polimeri, sau mixuri de polimeri cu inserție de nisip sau lemn. [5]



Noile tehnologii necesită întotdeauna nivele înalte de investiție în dezvoltare și implementare, iar imprimarea 3D nu face excepție. Investiția într-o fabrică reprezintă un cost substanțial de început, dar cu o producție în masă, acestea pot fi ușor recuperate în timp.

Fig. 2. Imprimantă 3D și produs complex rezultat în urma imprimării [6]

Un alt avantaj al imprimării 3D față de mijloacele tradiționale îl constituie design-ul mai complex al pieselor, o lansare pe piață mai rapidă, deoarece sunt necesare foarte puține scule și reducerea deșeurilor și a pierderilor, rezultând într-un proces de fabricație mai eficient (vezi figura 2).

Puținele dezavantaje ale acestui proces îl constituie costul ridicat de producție în masă, precum și o gamă restrânsă de materiale printabile

și limitarea dimensiunilor componentelor ce trebuiesc printate. Procesele tradiționale implică crearea de matrițe, urmate de procese de turnare, finisare și asamblare, ce necesită timp și costuri ridicate.

4 AVANTAJELE PRINTĂRII 3D

Mecanisme complexe (rulmenți cu bile, cutii de viteze întregi sau motoare) pot fi imprimate prin această metodă, datorită metodei aditive de fabricare a produsului strat-cu-strat. La piesele care au spații între părțile în mișcare este folosit un al doilea material, cunoscut sub denumirea de material suport, ce va fi ulterior eliminat mecanic sau dizolvat într-o cuvă cu ultrasunete. Rezultatul final este un mecanism de lucru perfect. [7]

4.1 Reducerea timpului de realizare

Piesele și obiectele realizate prin printare 3D nu necesită matrițe. În plus, pentru modele complexe, alcătuite din mai multe componente, nu este nevoie de asamblare a produsului, deoarece acesta poate fi printat dintr-o singură bucată la care se elimină materialul suport.

Din punctul de vedere al costurilor, matrițele sunt foarte costisitoare, chiar dacă dimensiunile acestora sunt reduse. Acestea pot ajunge la costuri de câteva mii de euro.

Firmele în curs de dezvoltare a unui produs nou au nevoie de testarea mai multor tipuri de modele de prototipuri înainte de fabricație, ceea ce presupune câte o nouă matriță pentru fiecare model de produs în parte.

Una dintre calitățile majore ale printării 3D este faptul că la baza calculării costurilor de fabricație stă exclusiv volumul de material utilizat. Deoarece această tehnologie constă în „construirea” produsului sau mecanismului gata asamblat prin depunere succesivă de straturi de material, complexitatea lucrării nu contează, nefiind nevoie de alte manopere sau procedee ulterioare fabricației propriu-zise a produsului.

Cheltuielile de producție vor fi raportate astfel doar la dimensiunile obiectului sau mecanismului, indiferent de complexitatea acestuia. [8]

4.2 Complexitatea formelor

În fabricația tradițională, în momentul modelării unui produs, este necesară eliminarea matriței după ce aceasta a fost utilizată. Această

CELULA FLEXIBILĂ DE FABRICAȚIE – MIJLOACE DE REDUCERE A COSTURILOR DE FABRICAȚIE ÎN APLICAREA „INDUSTRIEI 4.0”

operație duce la limitarea complexității designului piesei.

În imprimarea 3D, complexitatea formelor și a designului pieselor este aproape nelimitată, ceea ce presupune că așa numitele „forme imposibile” sau mecanisme funcționale pot fi imprimate într-o singură operație.

Printarea 3D are capacitatea de a realiza mecanisme perfect funcționale, dintr-o singură operație. Nu sunt necesare procese de asamblare și post producție. Mecanisme precum rulmenții cu bile, lanțuri, și chiar cutii întregi de viteze sau motoare pot fi imprimate într-un singur procedeu tehnologic. [7]

4.3 Asamblarea

Deoarece nu este implicat și necesar nici un alt proces de fabricație, nu este nevoie nici de rosturi sau suprafețe de imbinare și nici de stabilirea unui proces tehnologic ulterior.

În fabricația tradițională și procedeele acesteia, trebuie realizate matrițe multiple, care sunt urmate de procese de asamblare, care implică costuri suplimentare și durată de producție prelungită. În tehnologia aditivă prin care se execută printarea 3D, complexitatea formelor produsului nu implică deloc costuri suplimentare.

Deocamdată printarea 3D nu substituie metodele actuale de producție în masă, deoarece după ce prototipul a fost creat, procesul de producție devine mai puțin costisitor și mai eficient. Cu toate acestea, printarea 3D face ca procesul de proiectare a produselor să fie mai rapid, mai eficient, cu termene de livrare și costuri reduse în producerea prototipului.

De aceea, printarea 3D este de bază pe piața producției low-volum. Produsele proiectate de către designeri pot fi lansate pe piață de două ori mai repede decât prin metodele tradiționale de concepere și testare

4.4 Rapiditate

Durata de fabricație în cazul acestei metode constă în timpul necesar printării 3D a produsului, nefiind implicat nici un tip de matriță. Astfel, un obiect de dimensiuni mici poate fi realizat și livrat clientului în cel mai scurt timp, chiar și câteva ore.

Dacă obiectul dorit are o structură complexă, prin tehnologiile tradiționale, doar realizarea matrițelor ar dura săptămâni, iar dacă procesul necesită și asamblare, timpul și costurile de producție cresc proporțional.

4.5 Procese ale printării 3D

Imprimarea 3D implică construirea unui produs prin adăugarea unor straturi secvențiale de pudră fină sau lichid. Materialele implicate includ o gamă largă de metale, plastice și materiale compozite. Există 4 tipuri de procese, fiecare utilizând un proces sau tehnologie aditivă diferită.

1. Polimerizarea prin lumină – un polimer sensibil la lumină este întărit prin stereolitografie, procesare digitală cu lumină (DLP), imagistică prin transfer de film (FTI) sau procesul cu polijet.

2. Extrudare prin concreștere – un plastic sub formă de sârmă este aplicat în straturi într-un proces de modelare cu depunere condensată sau printarea cu jet plastic, similar cu procesul folosit la un pistol de lipit.

3. Combinarea materialelor granulare – un material pudră este topit pe o platformă de lucru folosind un capăt al imprimantei sau un jet laser. Procesele aditive sunt sinterizare cu laser, topire cu laser selectivă, sinterizare cu laser directă pe metal, topire prin fascicul de electroni, imprimare 3D cu pudră.

4. Laminarea în straturi - o componentă este construită strat cu strat într-un proces de fabricație a obiectului laminat. (LOM)

Noile tehnologii necesită întotdeauna nivele înalte de investiție în dezvoltare și implementare, iar imprimarea 3D nu face excepție.

Investiția într-o fabrică reprezintă un cost substanțial de început, dar cu o producție în masă, acestea pot fi ușor recuperate în timp. [8]

Punctul de rentabilitate este unde cele două curbe se întâlnesc. În prezent, fabricația tradițională oferă mai multe avantaje pentru un volum mai mare de unități fabricate, în timp ce imprimarea 3D este atractivă în sensul volumelor mici (vezi figura 3). [9]

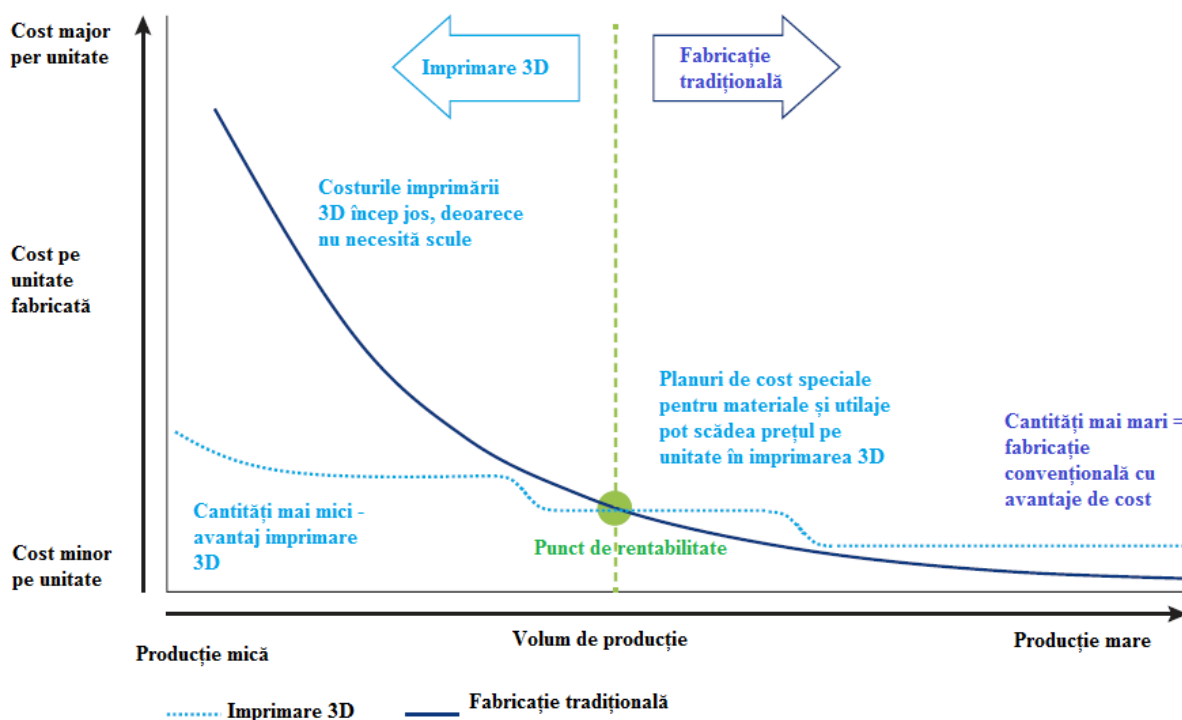


Fig. 3. Analiza rentabilității fabricației tradiționale și a imprimării 3D

5 SOLUȚIILE INDUSTRIEI 4.0

5.1 Soluții de inginerie integrată

Cele „10 tipuri de inovație” - Industria 4.0 va permite ingineria integrată și interdisciplinară de-a lungul lanțului valoric și de-a lungul ciclurilor de viață ale produsului și consumatorului.

Aplicațiile ingineriei 4.0 sunt proiectate să ajute la asigurarea că inovația nu se limitează la aria tradițională de inovație a produsului.

Managementul eficient al inovației - Un plan de afaceri interactiv și personalizat fac ca studiul individual să fie posibil, în concluzie grăbesc implementarea strategiilor și dezvoltarea organizatorică.

Managementul eficient al ciclului de viață - Trecerea la industria 4.0 va face posibilă furnizarea relevantă de date despre managementul ciclului de viață, oriunde, oricând.

Aceste date vor cuprinde nu numai informații și rapoarte, ci și rezultatele analizei procesării datelor mari pentru a genera indicatori timpurii relevanți de-a lungul utilizării inteligenței artificiale (AI).

5.2 Soluțiile tehnologiilor exponențiale

Aventura corporativă - Aventura corporativă oferă companiilor oportunități bune de a investi în noi tendințe în stadii incipiente și de a beneficia de inovații explozive și de tehnologii exponențiale.

Companiile trebuie să își acorde libertatea de a se „uita după colț”. Abia atunci, o nouă arie de afacere poate fi creată și poate deveni noul centru al afacerii.

Organizarea învățării - Companiile trebuie să devină centre de învățare dacă vor să profite la maxim de potențialul tehnologiilor exponențiale în atingerea transformării digitale la industria 4.0

5.3 Soluțiile rețelelor verticale

Integrarea IT - Rețelistica verticală a industriei 4.0 necesită soluții noi de IT. În multe cazuri, infrastructura IT existentă este fragmentată și conduce la conectare proastă.

Soluții noi, combinate trebuie dezvoltate în diferite domenii.

Companiile care fac alegerea corectă a acestor componente și le adaptează și le integrează în noile

CELULA FLEXIBILĂ DE FABRICAȚIE – MIJLOACE DE REDUCERE A COSTURILOR DE FABRICAȚIE ÎN APLICAREA „INDUSTRIEI 4.0”

lor soluții își vor asigura un avantaj pe piață pe termen lung.

Managementul datelor de analiză- Industria 4.0 va genera o cantitate enormă de date. Colectarea, analizarea și procesarea lor va genera viziuni noi, vor ajuta la luarea deciziilor și vor crea un avantaj competitiv.

Companiile au nevoie de a dezvolta competențe de specialitate în domenii de analiză și management de date și pun în ordine noi procese de afaceri pe baza rezultatelor analizei datelor.

Companiile care se diferențiază de competitorii lor prin respectarea acestor soluții vor depăși liderii existenți ai sectoarelor respective.

Aplicații bazate pe CLOUD - Simpla conectare bazată pe soluții cloud oferă oportunități excelente de găzduire și fac mai eficientă folosirea volumului mare de date generate de industria 4.0. Aceste aplicații vor deveni cruciale pentru industrii 4.0. Sunt avantajoase, în special, pentru rețelele producției inteligente decentralizate. Acest aspect formează baza pentru furnizarea soluțiilor de marketing care integrează fără efort toate stadiile – de la furnizori la clienți.

„Eficiența operațională 2.0”- Transformarea digitală la industria 4.0 oferă, de asemenea, noi oportunități de conducere către eficiență operațională.

Transparența nu face numai procesele de dezvoltare și producție mai eficiente, ci oferă și reduceri substanțiale de cost pentru clienți, deoarece munca de mentenanță este condusă într-o manieră orientată spre client.

5.4 Soluții de integrare orizontală

Optimizarea modelului de afaceri - Industria 4.0 presupune aderarea la noi abordări de afaceri, în loc să facă mici modificări/ îmbunătățiri la modelele stabilite deja. Pentru a atinge asta, companiile trebuie să dezvolte noi competențe, atât la nivel de angajat, cât și de organizație per ansamblu. Companiile de succes vor dezvolta noi segmente la limita afacerilor lor prezente care vor deveni, în timp, punctul central al afacerii.

Lanțuri de aprovizionare inteligente - Transformarea digitală va crea o singură bază de date, făcând lanțurile de aprovizionare mai inteligente, mai transparente și mai eficiente în fiecare stafiu, de la nevoile consumatorului, până la livrare. [10]

Logistică inteligentă - În urma digitalizării, procesele logistice vor trebui să devină mai inteligente, chiar în timpul noilor generații de rețele globale de lanțuri valorice.

Managementul securității IT - Companiile au o nevoie urgentă de un sistem de management al riscului personalizat și de o strategie de securitate orientată spre securitate cibernetică și menită să îmbunătățească securitatea și protecția operațională de atacuri.

Modele noi de taxare - În viitor, tehnologia imprimării 3D va permite printarea produselor de-a lungul țărilor și continentelor, fără intersectare fizică cu granițele naționale. Acest lucru va face noi cereri în adăugarea taxelor și a reglementărilor de taxare.

Management nou pentru IP (proprietate intelectuală) - Managementul proprietății intelectuale (IP) va trebui să se schimbe, de asemenea, ca rezultat al transformării digitale la industria 4.0.

Modele noi de afaceri sunt necesare, precum și soluții individuale asupra problemei IP digitale. [9]

6 TENDINȚE VIITOARE

Tendințele viitoare cu o semnificația majoră o reprezintă optimizarea globală, atacarea presiunii existente pe costuri și prețuri, lansarea de noi servicii și noi procese inovative și/sau alte soluții inovative.

În ciuda scăderii optimizării globale în curs, a avut loc o concentrare particulară pe adaptarea locațiilor producției la globalizarea, achiziții publice globale mai bune și dezvoltarea pe economiile în curs de dezvoltare.

În ceea ce privește noile servicii, furnizarea serviciilor locale – cum ar fi piese de schimb specifice sau afaceri de mentenanță și magazine one-stop pentru produse și servicii - a constituit o concentrare particulară.

Aceste tendințe adiționale și aceste provocări sunt strâns legate de problemele ridicate de industria 4.0 și de tehnologiile exponențiale sau pot fi percepute ca parte integrală a lor.

7 CONCLUZII

Termenul de industrie 4.0 se referă la un stadiu avansat de dezvoltare în organizarea și managementul întregului proces al lanțului valoric în industria producătoare. Un alt termen pentru acest proces este „a patra revoluție industrială”.

De o importanță crucială în industria 4.0 o reprezintă interfața cu alte infrastructuri inteligente, cum ar fi cele pentru mobilitate inteligentă, rețea inteligentă și case și clădiri inteligente.

Imprimarea 3D, tehnologia senzorială, inteligența artificială, robotică, drone și nanotehnologie sunt doar câteva exemple de mijloace ale industriei 4.0 în dorința reducerii timpilor de fabricație și deci de reducere a costurilor.

Personalizarea este o tendință globală și este foarte probabil să se extindă și mai rapid în rândul industriei producătoare în viitorul apropiat. Clienții tind să crească dorința de a stabili modul în care produsele lor sunt proiectate și fabricate și vor avea un cuvânt de spus în ceea ce privește dezvoltarea și producția lor încă din fazele de proiect.

7 BIBLIOGRAFIE

[1]. Jochen Schlick, Peter Stephan, Detlef Zuhlke: „Production 2020. Auf dem Weg zur 4. Industriellen Revolution IM” – Fachzeitschrift für Information Management und Consulting. August 2012

[2]. Vikram Mahidhar, David Schatsky: „The Internet of Things”, Deloitte University Press, 4 septembrie 2013

[3] Based on the introduction of the Deloitte Center for the Edge Europe with Peter Diamandis, John Hagel, Yuri van Geest, Wassili Bertoen, 2014

[4]. Raymond Kurzweil: „The law of accelerating returns”, March 2001

[5]. Mark Cotteleer, Jonathan Holdowsky, Monica Matho: „The 3D opportunity primer. The basics of additive manufacturing” Deloitte University press, 2013

[6]. <http://www.3dtouchit.com/article/4/3d-printing> Accesat la data de 27.03.2017

[7] <http://www.printing3d.ro/avantaje/> Accesat la data de 26.04.2017 și 02.05.2017

[8] Mark Cotteleer, Jim Joyce: „3D opportunity – Additive manufacturing paths to performance, innovation and growth.” Deloitte Review, Issue 14 January 2014

[9] Deloitte Brochure – Industry 4.0 – Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies

[10] Larry Keeley: „Ten Types of Innovation. The Discipline of Building Breakthroughs” 2013