

EVALUAREA CICLULUI DE VIAȚĂ ÎN INDUSTRIA OȚELULUI ELABORAT ÎN UZINE INTELIGENTE*

Dr rer nat Paul OLARU¹,

¹SCO Consulting GmbH, Luzern / Switzerland

REZUMAT. Otelaria anului 2048 este tehnologizata conform proiectului *Industry 4.0*. Acesta definește un nou model de otelarie a carei producție bogată în date, alimentată de echipamente superperformante noi, de capital, senzori, scannere, clienți, furnizori etc. Aceste utilități sunt folosite pentru a îmbogăți tehnologiile actuale, respectiv capacitățile în producția de astăzi. Datele noi, parametrii restructurați și recalculați, parametrii biometrici, geospațiali și multe alte tipuri de date sunt utilizate de noi instrumente analitice puternice, algoritmi de învățare în mașină, instrumente de realitate augmentate și multe altele. Datele sunt analizate de mașini inteligente care direcționează acțiunile altor tipuri de mașini tehnologice și oameni. În consecință, operațiile în totalitate, depozitele, mașinile-unelte și altele devin complet automatizate și interconectate. Tehnologiile și datele din otelaria Industrială 4.0 schimbă modul în care inginerii proiectează, realizează prototipul și produc noi produse. Aceste tehnologii reduc dramatic ciclurile de dezvoltare și contribuie la apropierea producătorilor de furnizori și de clienți. În cele din urmă, executarea digitală a produselor (otelului, zgurei, gazelor, etc.) de către dispozitivele Industry 4.0 pot fi ele însele o sursă de venituri noi pentru producători. Anul demarării producției este 2048. Pasești în fabrica viitorului și vezi ... ce?. „Fabrica / Uzina inteligentă”, numită uneori și „Fabrica / Uzina viitorului”, este piatra de temelie a celei de-a patra revoluții industriale. Într-adevăr, aceasta este adesea reprezentată ca agregat al tuturor tehnologiilor Industry 4.0: sisteme cibernetice fizice - active fizice conectate la gemeni digitali - Internetul Industriei Activitatilor/Lucrurilor (IIoT), analiza datelor, fabricarea prealajelor și inteligența artificială. Cum arata de fapt?.

Cuvinte cheie: otel, industry 4.0, tehnologie, otelarie, inteligenta.

ABSTRACT. The 2048 steel factory is being developed according to industry 4.0. It defines a new model of steelwork whose data-rich production is fueled by super-performing new equipments, capital, sensors, scanners, customers, suppliers, and so on. These utilities are used to enrich current technologies and capabilities in today's production. New data, restructured and recalculated parameters, biometric, geospatial parameters and many other data types are used by powerful new analytical tools, machine learning algorithms, augmented reality tools, and more. The data is analyzed by intelligent machines that direct the actions of other types of technological machines and people. As a result, all operations, warehouses, machine tools, and others become fully automated and interconnected. Technologies and data from Industrial Steel 4.0 change the way engineers design, make prototype and produce new products. These technologies dramatically reduce development cycles and help bring suppliers and customers closer to each other. Finally, the digital execution of products (steel, slag, gas, etc.) by Industry 4.0 devices can themselves be a source of new revenue for manufacturers. The start of the production is 2048. It is time for your quarterly visit on the spot. Your unmanned taxi stops you in front of a large industrial building. You go to the factory of the future and see ... what? The "Factory / Smart Factory," sometimes called "Factory / Future Factory," is the cornerstone of the fourth industrial revolution. Indeed, it is often represented as an aggregate of all Industry 4.0 technologies: Physical Physical Systems - Physical Assets Connected to Digital Twins - Internet of the Activity / Things Industry (IIoT), Data Analysis, Manufacture of Additives, and Artificial Intelligence.

Keywords: steel, industry 4.0, technology, steelwork, intelligence.

1. INTRODUCERE

Extinderea otelariilor-fabricilor din UE a început la sfârșitul anului 2016 cu îmbunătățiri ale magazinelor de fabricație, care includea punerea în funcțiune a unei noi calități de oteluri AHSS (otel superior/ avansat de înaltă rezistență) cu patru ramuri, echipate cu cele mai recente automate online procese de control pentru a oferi înaltă calitate. Noile Turnatorii Continue (T.C.) conferă produsului final un raport pret/calitate mai ridicat, care îmbunătățește în mare măsură

calitatea internă generală. Noua tehnologie T.C. de oscilare *CastFlex (CFO)* reprezintă în 2019 cea mai recentă generație a tehnologiei Ing. 4.0, pentru sistemele de oscilare, bazata pe un oscilator mecano-hidraulic (O.M.H.), care permite ajustarea oscilațiilor pentru a se potrivi nevoilor caracteristice fiecărui tip unic de otel AHSS care este produs. Linia de fabricație include operații de detectare și controlul automatizat de transport al zgurii, de la o oala până la o oala de evacuare cu răcire cuplată cu un debit mai mare, pentru un timp de flotare suplimentar. Protecția se face cu argon suplat într-o duză de ceramică submersă printr-o bucată de otel de turnătorie într-o matriță, care împiedică reoxidarea în timpul turnării și sporesc curățenia otelului. Controlul curgerii în

* EU Project Industry 4.0/ EVALUATION OF LIFE CYCLE IN THE STEEL INDUSTRY MANUFACTURED IN INTELLIGENT FACTORY.

buclă închisă de la otelarie la matriță este monitorizat automat iar pulberile de lingotiera adăugate îmbunătățesc de asemenea calitatea turnării. Progresele au continuat până în 2018, odată cu punerea în funcțiune a unui nou degazor vidat, și colectarea noxelor în două cisterne pentru a sprijini mediul de producție ridicat impus de legea Monroe. Acest lucru a conferit agregatului capacități sporite pentru lucru la presiune mai scăzută a vidului și timp crescut de vidare. În plus, unitatea este echipată cu alimentarea automată a aliajelor. Acest echipament și capacitate avansată de automatizare au ca rezultat o curățenie excepțională și un control chimic precis al oțelului AHSS. În 2018, a fost instalat un nou cuptor de reîncălzire cu fascicul LASER pentru șase platforme suplimentare de laminare pentru procesarea unor bloomuri, cu secțiuni mai mari de 210 mm². Cuptorul cu laser îmbunătățește calitatea suprafeței bloomurilor T.C. și reduce decarburarea prin controlul temperaturii și controlul timpului de recoacere în flux. Ca o completare la îmbunătățirile efectuate în otelarie & T.C. și laminor, a fost adăugată cea mai recentă tehnologie Ind. 4.0, pentru capacitățile de îndreptare și inspecție a calitatii în flux printr-o instalație nouă LASER-VyBOR, care a fost proiectată pentru a optimiza întregul proces *CastFlex (CFO)-AHSS* și fluxul secundar de produse. Prin tehnologie s-a realizat o instalație având capacitate automată de îndreptare-control NDT-masurare-sortare cu 5-10 viteze de operare. Îndreptarea bloomurilor și NDT, include testarea cu ultrasunete, cu tehnologie matricială fazată și cu o inspecție a suprafeței cu particule magnetice (cu depuneri de flux), permitând și o verificare 100% a lor, ca un atribut suplimentar de calitate. Toate aceste îmbunătățiri ale echipamentelor și proceselor au ca rezultat bare de oțel de calitate superioară, care sprijină nevoia procesatorilor. Aceste îmbunătățiri măresc, de asemenea, seria de aplicații care pot fi susținute de oțeluri forjate SBQ.

Progrese în curățarea oțelului

Stimularea globală a eficienței energetice și a reglementărilor mai stricte privind emisiile de CO / CO₂ au sporit semnificativ importanța oțelurilor curate AHSS, în industria automobilelor. Nevoia de piese din oțel de înaltă rezistență, cu design ușor și performanță sporită la „*oboseală/fatigue*”, este mai importantă ca niciodată. Oțelurile în părțile critice de siguranță - inclusiv butucurile roților, articulațiile cu viteză constantă (CVJ), transmisiile și diferențiale, punctile și pinionul de direcție și altele - sunt vitale. „*Micro-curățenia*” oțelului este esențială pentru a răspunde acestor nevoi și necesită respectarea strictă a practicilor fiabile din otelarie&T.C. Echipa noastră de metalurgiști din domeniul cercetării și dezvoltării,

proceselor și produselor a făcut pași importanți în ceea ce privește curățenia durabilă a oțelului, prin îmbunătățiri ale practicii de elaborare și T.C. prin controale riguroase ale procesului de producere a oțelurilor de calitate AHSS. Au fost dezvoltate practici noi de îmbunătățite ale oțelului pentru a fi mai curat și performant. Vezi figura 1a și 1b.

2. TEHNOLOGIA EXPERIMENTALĂ ȘI REZULTATE

O simulare a formei lingotierei T.C. utilizată în tehnologia *CastFlex (CFO)-AHSS*, oferă un model de laborator ideal pentru studiul solidificării inițiale a oțelului într-o lingotiera profilată nouă T.C. Adâncimea și lățimea marcajelor de oscilație (fig.1b), pot fi ușor modificate prin schimbarea ciclului de oscilație a lingotierei, a cursei de oscilație și a vitezei de turnare. În plus, efectele diferitelor ciclurilor de tutnare asupra transferului de căldură inițial, pot fi studiate cu ușurință fără a întrerupe operațiunile normale de producție ale instalației. Simularea formelor dezvoltate în acest studiu reprezintă o „*matriță de tip invers*”, în care oțelul se solidifică în jurul formei lingotierei, în locul lingotierei care înconjoară oțelul la solidificare. Figura 2 este o schemă schematică a etapei simulatorului de lingotiere, care constă din mai multe module distincte pentru a simula procesul de turnare continuă. Modulele fizice diferite ale simulatorului includ ansamblul de plăci de cupru cu canelură și o șicană din oțel inoxidabil care separă apa de admisie și de evacuare, așa cum se arată în figura 3. În această lucrare, suprafața lingotierei este plată în loc de cilindrică și este construită din plăci reale utilizat anterior la nivelul EU Plant Steel. Această configurație a lingotierei cu o suprafață plată are nichelat pe fața fierbinte, iar fața rece este canelată având multe canale de răcire. Figura 4 prezintă de asemenea locația meniscului oțelului în raport cu fundul lingotierei și pozițiile pentru termocupluri în raport cu meniscul. Apa de răcire este introdusă în matriță de răcire exterioară prin colectorul de apă de răcire, așa cum se arată în figura 2. Pentru a simula turnarea continuă, *CastFlex (CFO)-AHSS*, ansamblul de formare este prevăzut cu un mecanism de extracție, care este fabricat din plăci de oțel cu grosimea de 6,25 mm. Extractorul trage carcasa din oțelul de solidificare în direcția turnării (în jos). Acest lucru expune oțelul lichid în lingotiera captusită cu plăci de cupru, răcită cu apă la menisc și permite formarea unei noi structuri de oțel. Extractorul este proiectat astfel încât să aibă o singură față. Figura 4 prezintă locațiile fizice ale termocuplurilor în raport cu meniscul. Aceste termocupluri sunt situate la 133, 140, 146, 152, 159 și 165 mm de la baza matriței de răcire exterioară. Formatele au fost prelucrate cu goluri

PROGRESUL TEHNOLOGIC, REZULTAT AL CERCETĂRII

de termocplu cu adâncime de 50 mm cu diametrul de 1,59 mm, cu o orientare paralelă cu suprafața matriței pentru a instala termocplurile tip T in teci inoxidabile.

În experimentele prototip, cu noile lingotiere, condiția de principala este răcirea convectivă a matriței de către apa care curge prin canalele de răcire. Deși există corelații pentru determinarea coeficientului de transfer al căldurii pentru canalele de răcire, iar un alt termocplu a fost introdus în

zona ca o condiție limită bine definită. Domeniul problemei arătat în Figura 4 poate fi descompus în două subdomenii prin crearea unei interfețe *S* la al doilea termocplu. Condiția limită pentru *S* se aplică apoi celor două subdomenii. Această descompunere este prezentată în figura 4. În acest caz, primul termocplu a fost la 1,5 mm distanță de suprafața încălzită, în timp ce al doilea termocplu a fost situat la 5,0 mm distanță de suprafața încălzită pentru a defini subdomeniul.

EXPERIMENTAL TECHNIQUE

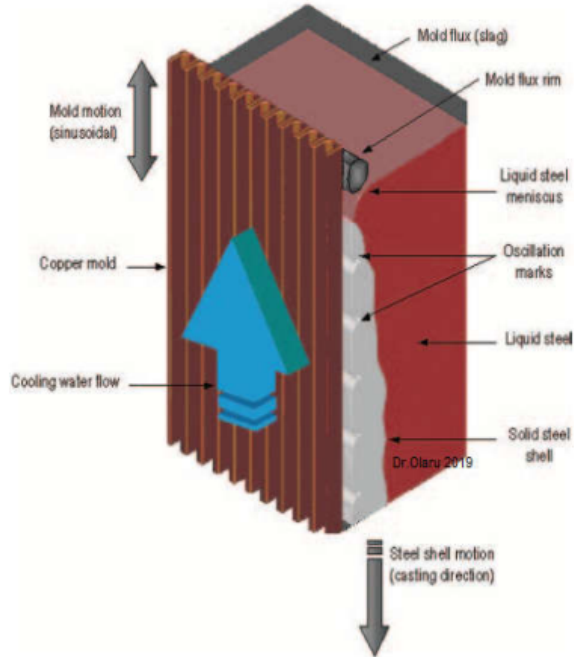


Fig. 1a Schematic sketch of liquid steel in a continuous caster mold.

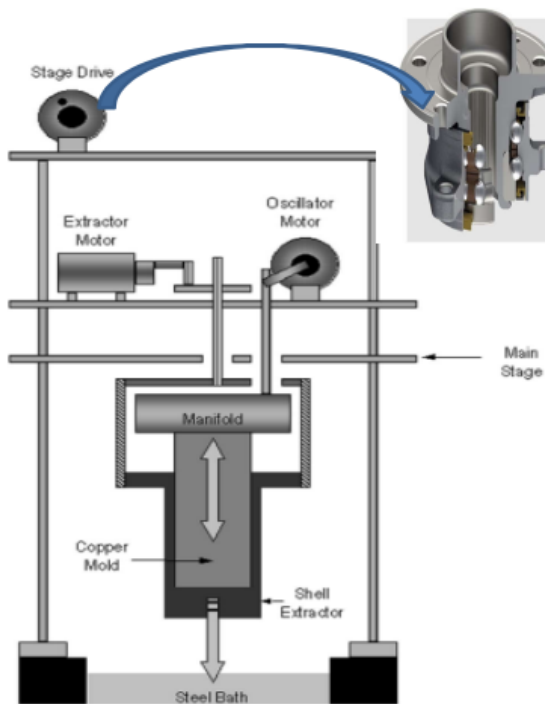


Fig. 1b Schematic sketch of the mold simulator stage.

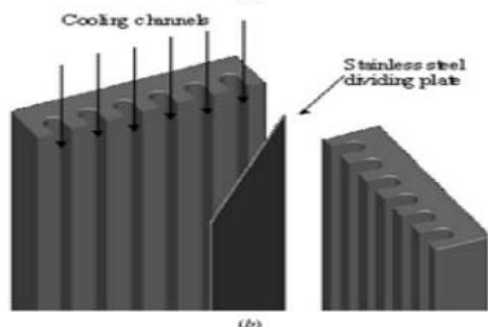
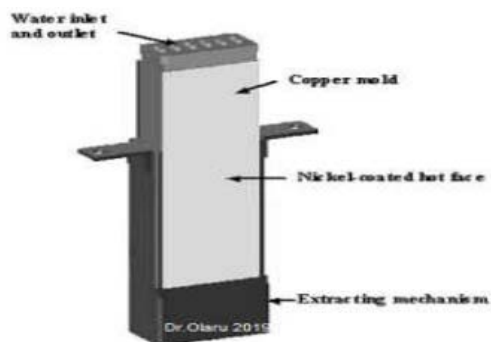


Fig. 2. The copper mold assembly and extractor mechanism.

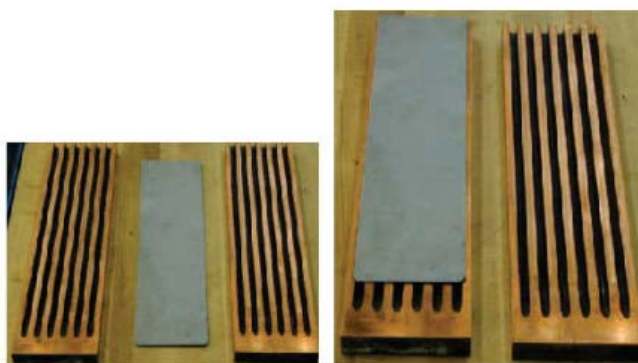
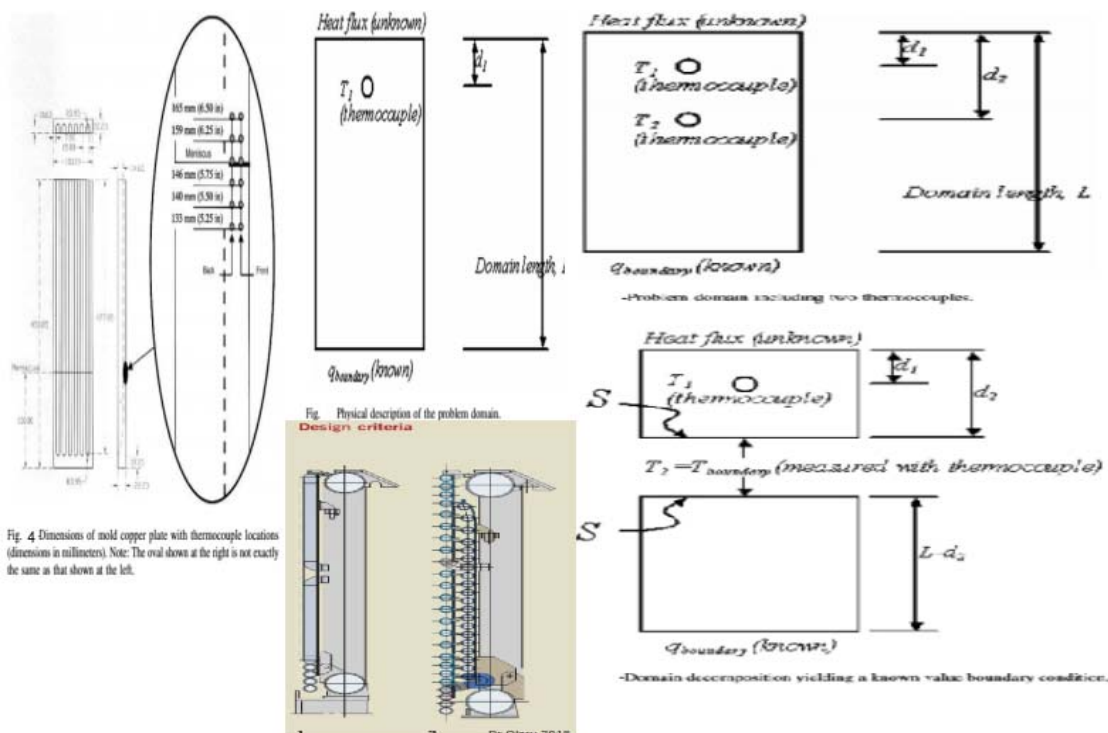


Fig. 3—Steps in building the mold assembly.



3. CONCLUZII

Protejat de reoxidare, oțelul lichid este turnat dintr-o oala non- convențională într-un vas torpedo, acoperit și de acolo, prin duza de intrare scufundată, în sistemul de alimentare preîncălzit al T.C.. Din acest sistem, oțelul curge pe lingotiera orizontală care se compune din banda transportoare și barajele laterale răcite intern. Banda transportoare este răcită intens de apă din partea inferioară. Este necesar, prin urmare, un sistem oscilant pentru solidificarea inițială; Nu este necesară suplimentarea unui flux de turnare. Deasupra benzii transportoare o atmosferă de gaz inert protejează oțelul la solidificare. La capătul din spate al ruloului, un amestec de gaz definit influențează direct structura de solidificare. Unitățile electromagnetice care influențează fluxul de oțel, precum și hotele răcite sunt aranjate deasupra benzii transportoare. Un agitator-vibrator transversal susține distribuția uniformă a oțelului lichid până la limitele laterale. Un agitator longitudinal sincronizează mișcarea benzii transportoare cu fluxul de oțel lichid. Această tehnologie de amestecare este rezultatul unei dezvoltări comune. Tehnologia de oscilație **CastFlex (CFO)-AHSS** cuprinde ambele unități. Banda ascuțită lasă orizontal banda transportoare. Aceasta este ghidată de o rolă superioară și trei perechi de role de contact care pot influența planeitatea benzii. În avalul acestor role se măsoară atât grosimea benzii cât și profilul. Rezultatele obținute până în prezent sunt bune. Reproducibilitatea procesului și

disponibilitatea **instalațiilor au fost îmbunătățite continuu. S-au obținut răspunsuri satisfăcătoare privind întrebările de bază** referitoare la uzură și durata de viață a diferitelor componente ale mașinii, cum ar fi duza de turnare, banda transportoare și barajele laterale în mișcare. Această uzină EU este proiectată pentru o cantitate maximă de oțel de aprox. 70 de tone pe cast. Următoarea etapă a procesului este digitalizarea sectorului de producție T.C.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Mills KC, Karagadde S, Lee PD, Yuan L, Shahbazian F. 2016 Calculation of physical properties for use in models of continuous casting process – part 1: mould slags. *ISIJ Int.* **56**, 264–273. (doi:10.2355/isijinternational. ISIJINT-2015-36)
- [2] K. Spragg, A. Noepfel, J. C. Lacombe, M. Dumont, R. Ernst, K. Zaidat, Y. Delannoy, P. Petitpas, C. Garnier, J. Etay, C. Trassy and Y. Fautrelle, Induction processing of liquid materials *16th Int. Conf. UIE2008*, Krakow, 18-21 mai (2008)
- [3] M. Dumont, R. Ernst, C. Garnier, P. Petitpas, Recent progresses in optimizing inductive cold crucible processes, *6th Int. Conf. on Electromagnetic Processing of Materials*, EPM, Dresden(Germany), 19-23 oct (2009)
- [4] M. Dumont, R. Ernst, C. Garnier, H. Gathfan, P. Petitpas, Innovative Inductive Cold Crucible Configurations with improved Efficiency, *J. of Iron and Steel Research Int.* , **19** p. 669-672 (2012)
- [5] S. Spitan, E. Baake, A. Jakovics, H. Franz, Numerical Simulation of EM levitation in cold crucible furnace, *Magnetohydrodynamics Vol. 51*, No. 3, p567-578 (2015)
- [6] V. Bojarevics, A. Roy and K. Pericleous, *Magnetic levitation of large liquid volume.*

PROGRESUL TEHNOLOGIC, REZULTAT AL CERCETĂRII

Despre autor

Dr.rer.nat. **Paul OLARU**

SCO Consulting GmbH, Luzern / Switzerland

EU Expert: EX2013D137043

2013-today – Sr. Expert Engineer Metallurgist-SCO Expert, CH-Luzern; 2011-2013 – Sr.Expert Engineer Metallurgist – C. Casting, Roto-casting,- DANIELI & C. S.p.A.ITALY; 3.2010-2011 – Scientific Manager, Head Technologic & Lab. team, IMNR-Romania; 2006-2010 – Senior Materials Engineer and Tribology, Honeywell Brno, CZECH Rep; 2002-2006 – Manager engineering casting & heat treatments, INAV-Romania; 1990-2002 – Sr. Scientific Researcher & Technologist, FAUR Bucharest-RO;