

## Support of the Operative Planning with Utilization of the Genetic Algorithms in the Environment of MS Excel

### Podpora operativního plánování s využitím genetických algoritmů v prostředí MS Excel

Ing. Tomáš Plaček; doc. Ing. Jiří David, Ph.D.

VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Metallurgy and Materials Engineering, Department of Automation and Computing in Metallurgy, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava-Poruba, Czech Republic

*The paper deals with model of operative scheduling of production at the plant for continuous casting of steel. The model is compatible with the INDUSTRY 4.0 concept since it utilizes genetic algorithm for preparation of the casting plan. The proposed model is based on the model describing the use and wear of the mold, which uses diagnostics. Utilization of the proposed model consists in the support of planning of casting in sequences or of casting campaigns. The proposed solution makes it possible to find a suitable combination of cumulative counts of heats in the particular clusters after assignment of the purposeful function, limiting conditions and residual service life of the mold in the form of change of residual mold taper. The proposed model, which is realized in MS Excel, proposes to the user possible and effective variants of the scheduling of production in the next period according to the specified limiting conditions.*

**Key words:** Steel, continuous casting; scheduling of production; genetic algorithms; MS Excel

*V příspěvku je prezentován model operativního rozvrhování výroby na zařízení plynulého odlévání oceli. Model je kompatibilní s konceptem INDUSTRY 4.0, kdy využívá znalostního řízení pro stanovení plánu taveb. Model je založen na principu opotřebení krystalizátoru využívajícím analytickou diagnostiku. Využití modelu spočívá v podpoře plánování taveb v sekvencích, resp. kampaních. Navrhované řešení umožňuje po zadání zbytkové životnosti krystalizátoru ve formě zbytkové změny konicity generovat kombinace kumulativních počtů taveb v jednotlivých shlucích. Tyto tavby je poté možné odlévat do zadaného mezního stavu krystalizátoru uživatelem bez vlivu na kvalitu produkce z hlediska opotřebení krystalizátoru. Systém nabízí uživateli možné a efektivní varianty rozvržení výroby v dalším období, tzn. možný počet taveb v jednotlivých shlucích značek ocelí. Následně uživatel zvolí vhodnou variantu z generovaných řešení. V rámci řešení je použit plánovací expertní systém. Výhodiskem ke zvyšování efektivnosti složitých rozhodovacích procesů je přechod k rozhodování, které je založeno na exaktních, vědeckých základech. Zvýšit exaktnost znamená používat modelování a moderní metody řešení problémů. Modelování je základním metodologickým výhodiskem řešení složitých problémů, aplikace moderních metod při realizaci jednotlivých fází modelu je pak základní podmínkou jeho úspěšné realizace. Průmysl a celá ekonomika prochází zásadními změnami způsobenými zaváděním informačních technologií, kyberneticko-fyzických systémů a systémů umělé inteligence do výroby, služeb a všech odvětví hospodářství. Dopad těchto změn je tak zásadní, že se o nich mluví jako o 4. průmyslové revoluci (Industry 4.0). V jádru této revoluce stojí spojení virtuálního kybernetického světa se světem fyzické reality. To sebou přináší významné interakce těchto systémů s celou společností, tedy se světem sociálním. Z pohledu moderní teorie systémů se v souvislosti se 4. průmyslovou revolucí hovoří o revoluci kyberneticko-fyzicko-sociální, která způsobuje vzájemné propojení těchto systémů. Nejde jen o záležitost technologií a technických prostředků. Výraznou změnou je přístup k současnému pojetí průmyslové automatizace. Očekávané přínosy vycházejí z nových možností tvorby přidané hodnoty umožněné zejména využitím dat z propojených systémů a zvýšené schopnosti automatizovaných rozhodovacích mechanismů v průmyslové praxi. Z pohledu firem lze očekávat nárůst produktivity a výrobní efektivity, ale také snížení energetické a surovinové náročnosti výroby.*

**Klíčová slova:** ocel; plynulé odlévání; rozvrhování výroby; expertní systémy; MS Excel

The starting point for the increase of efficiency of complicated decision-making processes is the transfer to the decision-making based on the exact, scientific knowledge. Increasing the exactness means utilization of modeling and modern methods for problems-solving. Modeling is a basic methodological resource for solving complicated problems; application of modern methods for

realization of particular phases of model is, therefore, the basic condition of the successful realization.

Production scheduling at the continuous casting of steel belongs to a group of above-mentioned problems. High emphasis is put on the efficiency of the processes with the compliance of the quality of products. It is necessary to search new innovative approaches using the methods

of artificial intelligence and knowledge management in this area, too [1].

## 1. Model of the operative scheduling of production with the utilization of diagnostics

The design of the algorithm of the model for operative scheduling of the production at the continuous casting in the period of the end of life of the mold is presented in the further part of the paper.

The target of manufacturing planning is to assemble an optimal schedule of the production tasks, i.e. to achieve the conformity between the requirements of the order and possibilities of a production plant in the given period. Tasks that must be solved are: the transformation of orders to the level of day or work shift, verification of throughput of order, i.e. assignment of particular operations to the certain interval of the time scale of the relevant machine, etc. The required production quality must be maintained while respecting all the limiting conditions (capacitive, technological, etc.) [2].

A number of possible variants of the solution is very high during the solving of practical tasks in the more complex production systems, therefore the computer cannot examine all variants, i.e. it cannot solve the task exactly. It is necessary to limit the number of variants based on the experience, analogous solutions, as well as on the intuition (with the utilization of heuristic – nonalgorithmizable methods).

The basic requirement is that calculation of relevant criterion functions run in the reasonable time, thus the role of human is irreplaceable in the management of the process of production scheduling.

The target of the proposed case is to determine the amount and type of steel, which can still be cast on the particular molds with respect to the compliance of casting parameters, which can assure the quality of casting from the perspective of the molds' technical condition. It means in the qualitative view the assurance of [3, 4]:

- stability of production during casting
- required casting speed with the speed of withdrawal unit, which serves to the withdraw the dummy bar
- quality of the dummy bar related to:
  - internal structure;
  - surface structure;
  - dimensional accuracy.

Utilization of planning expert system represents one of the possible solutions for the thus defined task. List of the proposed solutions, which are evaluated by the certain rate of optimality, is the result of utilization of these systems. This way of the solving requires availability of the planning expert system or necessity to program it.

Replacement of the planning expert system by the genetic (evolutionary) algorithm in the MS Excel is described in

the next part. Block architecture of the genetic algorithm is shown in Fig. 1.

The model of the mold lifetime, which was developed with the technical diagnostics and least squares method, is utilized as a purposeful function. [5] Operational data about casting marks were the basis for the model. Cumulative frequencies for particular clusters of marks were determined in the particular periods of the mold technical life (period means the time between two measurements of the fatigue of the mold using the measurement system MKL 100/420). These values then make it possible to determine coefficients of the influence of particular clusters on the fatigue.

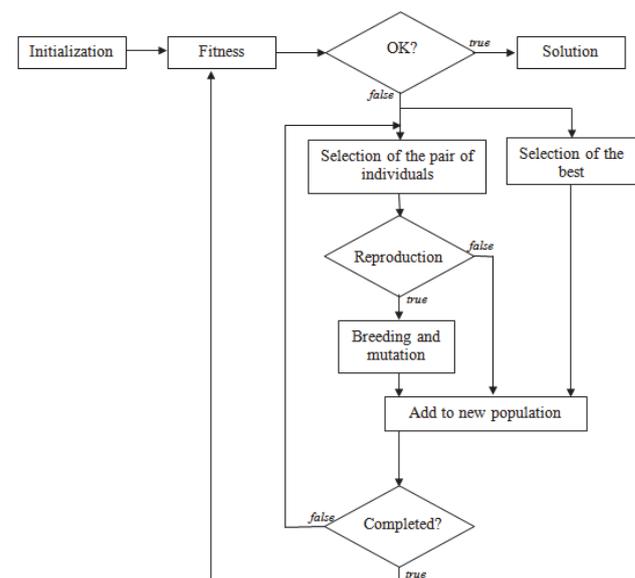


Fig. 1 Diagram of the planning expert system. Source: our own data  
Obr. 1 Schéma plánovacího expertního systému

The linear multidimensional regression model is tested in this phase of problematic solution:

$$\beta_1 \cdot f_1 + \beta_2 \cdot f_2 + \beta_3 \cdot f_3 + \beta_4 \cdot f_4 + \beta_5 \cdot f_5 + \beta_6 \cdot f_6 + \beta_7 \cdot f_7 = \Delta k_d, \quad (1)$$

where

$f_1$  to  $f_7$  are cumulative frequencies of the cast grades in the clusters S1 to S7,

$\beta_1$  to  $\beta_7$  are coefficients of the significance of clusters S1 to S7 at the mold fatigue,

$\Delta k_d$  is a change of the average bottom conicity of the circular mold in particular periods.

The model, which is at the same time the purposeful function, can be obtained after the placement of the acquired coefficients of the clusters significance:

$$-0.019734 \cdot f_1 + 0.010912 \cdot f_2 - 0.000998 \cdot f_3 + -0.064704 \cdot f_4 - 0.008246 \cdot f_5 + 0.018815 \cdot f_6 + 0.005276 \cdot f_7 = \Delta k_d, \quad (2)$$

where

$\Delta k_d$  is a change of the bottom relative conicity,

$f_1$  to  $f_7$  are cumulative numbers of the cast heats in the clusters 1 to 7 in the specified period.

Bottom average relative concicity for a given time can be determined according to the equation:

$$\Delta k_d = k_d(t) - k_d(t-1), \quad (3)$$

where

$k_d(t)$  is bottom average relative concicity in the time  $t$ ,

$k_d(t-1)$  is bottom average relative concicity in the time  $t-1$ ,

$\Delta k_d$  is a change of the bottom relative concicity in the time interval ( $t; t-1$ ).

## 2. Operative scheduling in the environment of Microsoft Excel

The solution took place in the environment of MS Excel as it was stated in the previous chapter. The tool called “Solver” was utilized, which had implemented the evolutionary algorithm. The screenshot of the Solver window is depicted in Fig. 2.

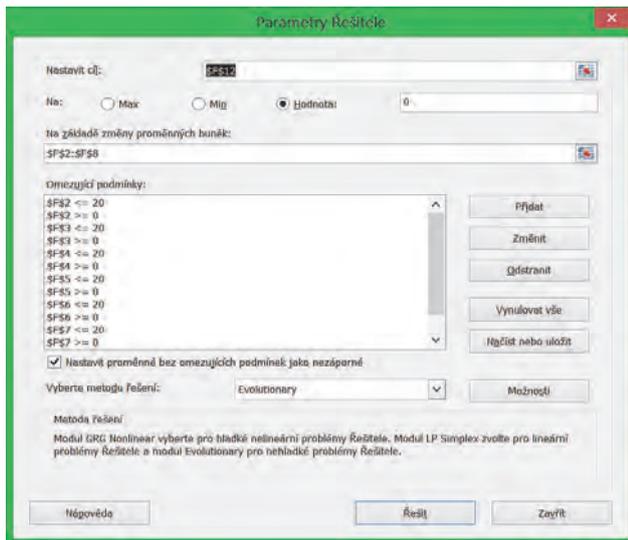


Fig. 2 Window of the Solver add-in. Source: our own data

Obr. 2 Obrazovka Řešitel

The target of the solution is to find a suitable combination of cumulative frequency of cast grades in the clusters S1 to S7, which corresponds to the required change of the bottom concicity [7] and with entered limiting conditions.

The process of the solving using the Solver add-in consists in the addition of the cells' addresses for the target of variable and in the assignment of limiting conditions, which define the searching area and they can characterize some technological limitations in the production.

An example of the solution is illustrated in Fig. 3. Only the searching area was defined and no technological restrictions [8] were used. It is evident from the results shown in the columns J to T that the task has an infinite number of solutions for the same input parameters.

An example of the solution with the limiting conditions including the technological requirements or production requirements is shown in Fig. 4. The user can exactly define the grade composition, which he wants to produce, as well as the quantity.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	Koefficienty významnosti odlišků		kumulativní četnosti odlišků značek															
2	$\beta_1 =$	-0,019734	8,254695	8	8	5	4	11	13	12	3	5	8					
3	$\beta_2 =$	0,010912	12,68653	12				13	16	18	11	9	8	9	10	12		
4	$\beta_3 =$	-0,000998	11,61004	11				0	0	8	9	0	6	5	4	11		
5	$\beta_4 =$	-0,064704	0,611717	0				2	1	3	0	0	0	4	1	0		
6	$\beta_5 =$	0,008246	14,3204	14				6	9	9	9	1	3	5	7	14		
7	$\beta_6 =$	0,018815	12,85574	12				17	10	12	14	11	12	18	10	12		
8	$\beta_7 =$	0,005276	10,88893	10				0	0	11	8	16	15	10	10	10		
9										0,124855	0,125354	0,124886	0,12538	0,124801	0,124882	0,1254	0,124840	0,12538
10																		
11																		
12																		

Fig. 3 Example of the results from the model of operative scheduling of production. Source: our own data

Obr. 3 Ukázka výsledků modelu operativního rozvrhování výroby

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Koefficienty významnosti odlišků		kumulativní četnosti odlišků značek												
2	$\beta_1 =$	-0,019734	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	$\beta_2 =$	0,010912	17,3466	17				17	0	0	0	0	0	0	0
4	$\beta_3 =$	-0,000998	9,47982	9				9	8	0	0	0	0	0	0
5	$\beta_4 =$	-0,064704	4,993774	4				4	3	1	0	0	0	0	0
6	$\beta_5 =$	0,008246	8,468983	8				8	11	10	16	0	0	0	0
7	$\beta_6 =$	0,018815	12,17057	12				12	18	10	10	3	0	0	0
8	$\beta_7 =$	0,005276	9,879555	9				9	15	16	13	13	24		
9										0,125002	0,125008	0,125002	0,124802	0,125033	0,126624
10															
11															
12															

Fig. 4 Example of the results of the operative scheduling of the production. Source: our own data

Obr. 4 Ukázka výsledků modelu operativního rozvrhování výroby

It is evident from the presented results that the tool Solver with the evolutionary method of solving makes it possible to get the results, which can be utilized as a support for production scheduling based on the reliability model of the service life. [6]

Simplicity (programming and/or creation of a database of rules are not needed) and variability of the solution, which is given by the choice of limiting conditions, are the advantages of the proposed method.

The disadvantage of the proposed approach is that the Solver does not have a generator of solutions and therefore it provides only one solution for the single run. It is necessary that the user strictly and exactly defines the requirements to the production in the form of limiting conditions.

## Conclusions

The model of the operative scheduling of production with the utilization of the diagnostics in the period of the end of service life of the mold makes it possible to fulfil the function of support for s planning of heats in the sequences or in the campaigns when the proposed solution allows obtaining of cumulative numbers of heats in particular heats, which can be cast to the limiting state of the mold specified by the user without the influence on the production quality and on the given limitations. A residual service life of the mold in the form of residual change of the concicity must be calculated. Solution using the evolutionary approach in the MS Excel gives us the possibility of quick and simple implementation, but it is more difficult from the perspective of limiting conditions definition because only one solution is available during one run of the Solver Add-in.

### Acknowledgements

This work was supported through the projects of the Students' grant competition reg. numbers SP2018/65 and SP2018/109.

### Literature

- [1] DAVID, J., VROŽINA, M., NOVÁKOVÁ, H. Control of Dependability of Metallurgical Processes such as Logistics Chains. In *21<sup>th</sup> International Conference on Metallurgy and Materials METAL 2012*, 2012, Brno, pp. 1702–1708.
- [2] DAVID, J., SVEC, P., GARZINOVA, R., KLUSKA-NAWARECKA, S., WILK-KOŁODZIEJCZYK, D., REGULSKI, K. Heuristic Modeling of Casting Processes under the Conditions Uncertainty. *Archives of civil and mechanical engineering*, 16 (2016) 2, 179–185.
- [3] FRISCHER, R., POLLAK, M., TUHY, T., PRAZAKOVA, V. Usage of Clustering Analysis in Diagnostics of Metallurgical Devices. In *22<sup>th</sup> International Conference on Metallurgy and Materials METAL 2013*, 2013, Brno, pp. 1881–1886.
- [4] DAVID, J., SVEC, P., FRISCHER, R. Support for Maintenance and Technology Control on Slab Device of Continuous Casting. In *International Conference on Metallurgy and Materials METAL 2013*, 2013, Brno, pp. 1650–1655.
- [5] JALALI, P. N., LOPEZ, P. E. R., NILSSON, C., HIETANEN, P., JÖNSSON, P. Diagnosis and Optimisation of Continuous Casting Practices through Numerical Modelling. *La Metallurgia Italiana*, 2 (2016) 43–49.
- [6] PYSZKO, R., PŘÍHODA, M., ČARNOGURSKÁ, M. Monitoring of Solidification in the Continuous Casting Mold by Temperature Sensors. *AIP Conference Proceedings*, (2016) 1745.
- [7] KUMAR S. *An System to Diagnose Quality Problems in the Continuous Casting of Steel Billets*. The University of British Columbia, 1991.
- [8] HEMY, P., SMYLIE, R., SRINIVASAN, C. Analyzing Casting Problems by the On-line Monitoring of Continuous Casting Mold Temperatures. *Journal of The Minerals, Metals & Materials Society*, Dostupné z: <<http://www.tms.org/pubs/journals/JOM/0201/Hemy/Hemy-0201.html>> [cit. 6.11.2017].



## EuroBLECH 2018: Vstupte do digitální reality

25. mezinárodní veletrh technologií zpracování plechu EuroBLECH 2018 se koná ve dnech 23. až 26. října 2018 na výstavišti v německém Hannoveru. Již nyní, šest měsíců před zahájením akce, má prostory pro svoje stánky na celosvětově vedoucím veletrhu pro průmysl zpracování plechu zajištěno zhruba 1400 vystavovatelů z 38 zemí, nejvíce z Německa, Itálie, Turecka, Číny, Nizozemska, Španělska, Švýcarska, Rakouska a USA. V současné době již mají vystavující společnosti zajištěn téměř celý výstavní prostor z předchozího ročníku, který se konal před dvěma roky. Veletrh EuroBLECH 2016 dosáhl rekordu: čistý výstavní prostor činil 87 800 metrů čtverečních.

Každé dva roky se EuroBLECH stává akcí, kterou navštěvují konstrukční inženýři, manažeři výroby, manažeři kvality, nákupčí, výrobci, techničtí ředitelé a odborníci z asociací či výzkumu a vývoje, aby zde objevili nejnovější trendy a strojní zařízení v oblasti zpracování plechu. Návštěvníci letošního veletrhu mohou očekávat celé spektrum inteligentních řešení a novátorských strojních zařízení pro moderní výrobu v oblasti zpracování plechu, které jsou představeny v podobě mnoha živých předvádění na výstavních stáncích. V současné době hraje digitální transformace v průmyslu hlavní roli, což zajišťuje vyšší účinnost, a tím i vyšší úroveň automatizace a prediktivní údržby. Tento vývoj se také odráží v mottu letošního veletrhu EuroBLECH „Vstupte do digitální reality“, protože Průmysl 4.0 a související Chytrá továrna se staly hlavními tématy v oblasti zpracování plechu. Zejména malé a střední podniky chtějí do těchto technologií v blízké budoucnosti investovat, aby získaly konkurenční výhodu na svých trzích.

„Digitální transformace je momentálně důležitým tématem v oboru. To vyžaduje úzkou spolupráci v celém hodnotovém řetězci od řízení výroby až po údržbu“, říká Evelyn Warwicková, ředitelka výstavy EuroBLECH jménem pořadatele Mack Brooks Exhibitions. „Pro společnosti v odvětví zpracování plechu je největší výzvou vytvoření inteligentního výrobního prostředí, které je založeno na bezpečné výměně dat a síťovém propojení strojů a procesů. EuroBLECH 2018 svým návštěvníkům nabízí možnost najít řešení těchto výzev a navázat kontakt s obchodními partnery, aby jim pomohli s integrací těchto procesů, strojů a systémů do jejich výroby“, pokračuje Evelyn Warwicková.

EuroBLECH je celosvětově největším veletrhem pro odvětví zpracování plechu, a pro návštěvníky je tržištěm, kde objeví a získají nejnovější novátorská výrobní řešení. Četná živá předvádění na výstavních stáncích nabízejí obchodním návštěvníkům příležitost zažít v akci stroje a systémy ze všech oblastí zpracování plechu.

- z tiskové zprávy -