

## Stanovení regresní rovnice pro výpočet teplot fázových přeměn oceli

### Determination of Regression Equation for Calculation of Phase Change Temperatures of Steel

doc. Ing. Markéta Tkadlečková, Ph.D.<sup>1,2</sup>; prof. Ing. Karel Michalek, CSc.<sup>1,2</sup>; Ing. Radim Míček<sup>2</sup>; Ing. Michaela Strouhalová<sup>1,2</sup>; Ing. Jana Svíželová<sup>1,2</sup>; Ing. Josef Walek<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta materiálově-technologická, Regionální materiálově technologické výzkumné centrum, 17. listopadu 2172/15, 708 00 Ostrava-Poruba

<sup>2</sup> Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta materiálově-technologická, Katedra metalurgie a slévárenství, 17. listopadu 2172/15, 708 00 Ostrava-Poruba

Často diskutovaným problémem při zvyšování kvality odlévané oceli je správné nastavení okrajových podmínek, mezi které spadá i teplota lití. Teplota lití je obvykle stanovena na základě znalosti teploty likvidu a přehřátí, potřebného k odlití plynule odlévaného ocelového předlitku nebo ingotu, které by byly prosté objemových vad. Stanovení teploty likvidu není jednoduchým úkolem. Teplotu likvidu můžeme určit například metodou termické analýzy. Experimentální studium je časově i finančně velice náročné. Proto se mnohem častěji k identifikaci teploty likvidu začínají prosazovat výpočty vycházející z termodynamických databází, kde lze na základě definice chemického složení získat nejen teploty fázových transformací, ale i další termodynamické vlastnosti, které mohou být implementovány např. v nastavení numerických modelů sloužících k ověření dějů probíhajících během odlévání a tuhnutí oceli. Příspěvek uvádí příklad stanovení teploty likvidu využitím termodynamické databáze CompuTherm a sestavení regresní rovnice pro výpočet teploty likvidu v mezích zvolené chrom-nikl-molybdenové oceli.

**Klíčová slova:** ocel; teplota likvidu; teplota solidu; termodynamická databáze; regresní rovnice

Steel production is a complex process accompanied by many physico-chemical processes. The quality of continuously cast steel billets or ingots relates with the primary and secondary metallurgy processes, and also with used casting conditions. The behaviour of the steel during crystallization and solidification influences not only the chemical composition of steel but also the boundary conditions of casting technology. Important casting conditions include casting temperature, which must respect the cast steel grade and the cause of casting. Casting temperature is usually determined on the basis of the knowledge of the liquidus temperature and the superheat of the steel necessary to ensure the casting of a sound billet or ingot. The determination of the correct casting temperature is particularly important for steel grades with a tendency to hot tears and cracks, such as peritectic steel. From the point of view of optimization of steel casting technology and minimization of defects, e.g. by numerical modelling, it is also important the knowledge of the solidus temperature (respectively of thermodynamic properties). The range between the liquidus and the solidus temperature determines the size of the two-phase zone that can influence the extent of segregation and porosity. Phase transformation temperatures can be determined experimentally using thermal analysis methods. Another option is the theoretical calculation of phase transformation temperatures in thermodynamic databases based on the definition of chemical composition or calculation according to available empirical equations and literary data. In the paper, an example of liquidus temperature determination of alloyed chrome-nickel-molybdenum steel suitable for cementing is published. The CompuTherm thermodynamic database, which is integrated in the ProCAST software used in the Department of Metallurgy and Foundry under the conditions of the Regional Material Science and Technology Centre for the numerical modelling of casting and solidification of steel billets and ingots, in cooperation with the application sphere, was used to determine the phase transformation temperatures. The chemical composition of one steel grade may fluctuate within the range of the limit values of the elements. In order to create a regression equation for calculation of the liquidus (or solidus), it was necessary to perform thermodynamic calculations of different combinations of the contents of elements characteristic for the studied steel grade.

**Key words:** steel; liquids temperature; solidus temperature; thermodynamic database; regression equation

Výroba oceli představuje komplexní proces doprovázený řadou fyzikálně-chemických dějů. Kvalita plynule odlévaných ocelových předlitků či ingotů souvisí jak s použitými postupy primární a sekundární metalurgie, tak s podmínkami odlévání. Chování oceli v průběhu krystalizace a tuhnutí ovlivňuje nejen chemické složení oceli,

ale i okrajové podmínky technologie lití. Mezi důležité okrajové podmínky odlévání patří lící teplota, která musí respektovat vlastnosti odlévané značky oceli a způsob odlévání. Lící teplota je obvykle stanovena na základě znalosti teploty likvidu a přehřátí oceli nutného k zajištění odlití předlitku či ingotu, které jsou prosté objemových

vad. Stanovení správné lici teploty je zvlášť důležité pro typy oceli se sklonem k trhlinám a prasklinám, mezi něž se řadí např. peritektické oceli. Z pohledu optimalizace technologie odlévání a minimalizace vad, např. pomocí numerického modelování, je důležitá i znalost teploty solidu, resp. termodynamických vlastností. Rozpětí mezi teplotou likvidu a solidu určuje velikost dvoufázového pásma, které může ovlivňovat rozsah segregací a pórovitosti. Teploty fázových transformací lze zjišťovat experimentálně pomocí metod termické analýzy. Další možností je teoretický výpočet teplot fázových transformací v termodynamických databázích na základě definice chemického složení či výpočet dle dostupných empirických rovnic a literárních údajů. V příspěvku je publikován příklad stanovení teploty likvidu u středně legované ušlechtilé chrom-nikl-molybdenové oceli vhodné k cementování. Pro stanovení teplot fázových transformací byl použit výpočet v termodynamické databázi CompuTherm, která je integrována v software ProCAST, využívaného na katedře metalurgie a slévárství Fakulty materiálově-technologické pod záštitou Regionálního materiálově-technologického a výzkumného centra VŠB – TU Ostrava k numerickému modelování odlévání plynule litých předlitků a ingotů, ve spolupráci s aplikační sférou.

## Metody stanovení teplot fázových transformací oceli

V současné době se pro stanovení teplot fázových transformací uplatňují následující metody [1]:

- literární poznatky,
- výpočet pomocí empiricky stanovených rovnic,
- experimentální metody, mezi něž lze zařadit termickou analýzu,
- výpočet v termodynamické databázi typu IDS, ThermoCalc, DICTRA, Pandat či CompuTherm a další.

Literární údaje jsou většinou omezené pro konkrétní typy oceli a jsou nedostatečné pro určení termodynamických vlastností oceli, zejména v závislosti na teplotě. Autoři se v publikacích omezují na konstantní hodnoty termofyzikálních veličin pro konkrétní teplotu.

Termodynamické vlastnosti lze dále určit dle empirických rovnic [2]. Jsou to především regresní rovnice, které byly sestaveny na základě empirického zkoumání. I zde platí omezení s ohledem na studované chemické složení oceli. Dalším ze zmíněných postupů může být například stanovení termofyzikálních vlastností ocelí za použití pseudo-binárního fázového diagramu Fe-C uvedeného v [3].

Problematika náročnosti a složitosti identifikace materiálových vlastností termickou analýzou byla již publikována např. v [4], kde lze dohledat i přehled některých empiricky stanovených rovnic používaných pro stanovení teplot fázových transformací, jako jsou teplota likvidu a solidu oceli v závislosti na jejím chemickém složení. Mezi nejznámější metody termické analýzy patří např. diferenční termická analýza (DTA), diferenční snímací

nebo skenovací termická analýza (DSC) a termogravimetrická analýza (TGA).

Neméně časté je dnes použití komerčních termodynamických databází, které umožňují výpočet termofyzikálních vlastností na základě definovaného chemického složení [5].

Termodynamická databáze CompuTherm dovoluje uživateli na základě definice chemického složení slitiny vypočítat termodynamické parametry pro jakýkoli nový materiál a sledovat změny termofyzikálních dat dle úpravy chemického složení slitiny [6]. Na základě chemického složení slitiny lze vypočítat teplotu likvidu a solidu, hustotu, entalpii, viskozitu či tepelnou vodivost, ale i napěťové vlastnosti, a to v závislosti na teplotě.

CompuTherm databáze umožňuje výpočet pro kovové materiály na bázi Al, Fe, Ni, Ti, Mg, Cu. Výpočet termofyzikálních vlastností oceli je prováděn u materiálů na bázi Fe a dále lze u nich definovat tyto legující prvky: Al, B, C, Co, Cr, Cu, Mg, Mn, Mo, N, Nb, Ni, P, S, Si, Ti, V, W v definovaných mezích jejich obsahů. Další legující prvky, které nejsou uvedeny, neovlivňují výsledek výpočtu (při výpočtu se s nimi neuvažuje) [6].

Výpočty lze provádět pomocí mikrosegregačních modelů Scheil a Lever (Lever Rule – pákové pravidlo). Model Lever předpokládá velmi dobrou difuzi v pevné fázi. Na druhou stranu model Scheil nepočítá s žádnou difuzí v pevné fázi. Oba modely zvažují buď úplné míchání, nebo nekonečnou difuzi v kapalině. Další alternativou je výpočet za pomoci modelu Back Diffusion, který je definován rychlostí ochlazování slitiny v průběhu krystalizace a tuhnutí, a odpovídá tak situaci v podmínkách mezi pákovým pravidlem a modelem Scheil. Při výpočtech teploty likvidu a solidu oceli je doporučován model Lever Rule (pákové pravidlo). Pákové pravidlo stanoví vlastnosti oceli za rovnovážných podmínek [6, 7].

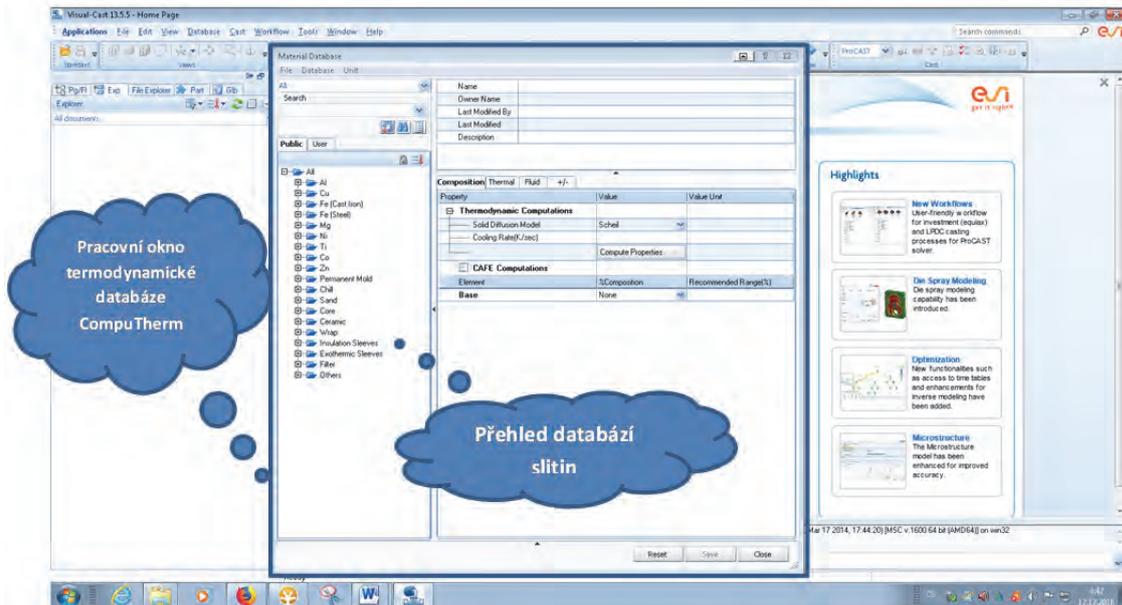
## Výpočet teploty likvidu oceli

Pro stanovení teplot fázových transformací pomocí termodynamické databáze CompuTherm byla zvolena chrom-nikl-molybdenová ocel vhodná k cementování [7]. Normované chemické složení oceli je uvedeno v tab. 1. Pracovní prostředí termodynamické databáze CompuTherm je znázorněno na obr. 1. Výpočet teplot fázových transformací byl proveden pomocí Lever Rule.

Tab. 1 Normované chemické složení studované oceli (hm. %) [7]  
Tab. 1 Chemical composition of studied steel by standard (wt. %) [7]

Obsah prvku	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al
min.	0,15	0,15	0,50	0,000	0,000	1,50	0,25	1,40	0,020
max.	0,21	0,40	0,90	0,035	0,035	1,80	0,35	1,70	0,040

Chemické složení jedné značky oceli může kolísat v rozpětí mezních hodnot prvků. Aby bylo možné následně stanovit regresní rovnici výpočtu teploty likvidu  $T_L$ , bylo potřeba v termodynamické databázi CompuTherm provést výpočty různých kombinací obsahů prvků charakteristických pro danou značku oceli, jak uvádí tab. 2.



Obr. 1 Pohled na pracovní prostředí termodynamické databáze CompuTherm, která je integrovanou součástí simulačního software ProCAST  
Fig. 1 View on workplace of CompuTherm thermodynamic databases which is integrated in ProCAST simulation programme

Tab. 2 Přehled variant chemického složení (studované oceli k určení regresní rovnice výpočtu teploty likvidu  $T_L$  [7])

Tab. 2 List of chemical composition variants of studied steel to determine of regression equation for calculation of liquids temperature  $T_L$  [7]

Varianta	$T_L$ (°C)	C Si Mn P S Cr Mo Ni Al									
		(hm. %)									
1	1510	0,15									
2	1508	0,18									
3	1505	0,21									
4	1509	0,15									
5	1507	0,18									
6	1504	0,21									
7	1508	0,15									
8	1506	0,18									
9	1503	0,21									
10	1510	0,15									
11	1507	0,18									
12	1504	0,21									
13	1508	0,15									
14	1506	0,18	0,3	0,70	0,013	0,003	1,65	0,3	1,55		
15	1503	0,21									
16	1507	0,15									
17	1505	0,18									
18	1502	0,21									
19	1509	0,15									0
20	1506	0,18									
21	1504	0,21									
22	1508	0,15									
23	1505	0,18									
24	1502	0,21									
25	1506	0,15									
26	1504	0,18									
27	1501	0,21									
28	1513		0								
29	1512		0,1								
30	1511		0,2								
31	1509	0,15	0,70								
32	1511		0								
33	1510		0,1		0,025	0,035					

Varianta	$T_L$ (°C)	C Si Mn P S Cr Mo Ni Al									
		(hm. %)									
34	1509		0,2								
35	1506		0,4								
36	1511		0								
37	1510		0,1								
38	1509		0,2		0	0					
39	1507		0,4								
40	1509		0								
41	1508		0,1		0,025	0,035					1,7
42	1507		0,2								
43	1505		0,4								
44	1509				0	0					1,8
45	1508		0,2			0,035					
46	1508				0,025	0					
47	1509	0,15									
48	1506	0,18									
49	1504	0,21		0,50							1,4
50	1508	0,15									
51	1505	0,18	0,3	0,70	0,013	0,003					0,25
52	1502	0,21									
53	1506	0,15									
54	1504	0,18		0,90							0,35
55	1501	0,21									
56	1513		0							1,5	
57	1511		0,1								
58	1510		0,2		0,025	0				0,25	1,4
59	1508		0,4								
60	1507	0,15	0	0,70							
61	1509		0,1								
62	1508		0,2		0	0,035				0,35	1,7
63	1506		0,4							1,8	
64	1510	0,15									
65	1507	0,18	0,3	0,50	0,013	0,003				0,25	1,4
66	1505	0,21									

## Stanovení regresní rovnice

Pro stanovení regresní rovnice teploty likvidu  $T_L$  v závislosti na chemickém složení byla použita metoda vícenásobné regresní analýzy [7]. Ta je využívána v případech, ve kterých je nutné zjistit závislost určité kvantitativní proměnné na jedné, nebo více dalších kvantitativních proměnných, tzv. regresorech. Předem musí být stanoveno, která proměnná je nezávislá a která je závislá. Výsledkem regresní metody je určení závislosti  $T_L$  na proměnných pomocí vhodného matematického modelu. Výsledný matematický model nabývá tvar dle

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 \dots + b_iX_i \quad (1)$$

kde  $X_1, X_2 \dots X_i$  jsou proměnné a  $b_0, b_1, b_2 \dots b_i$  jsou regresní koeficienty rovnice. Zpracování dat metodou vícenásobné regresní analýzy bylo provedeno v tabulkovém procesoru Excel pomocí doplňku *Analýza dat* a statistické metody *Regrese*. Doplňek *Analýza dat* karty *Data* není obvykle v základní instalaci Excelu aktivní ani viditelný, takže uživatel nemusí o jeho existenci vědět a je nutné jej aktivovat či v některých verzích doinstalovat [8].

Při uvažování standardně používané hladiny významnosti  $\alpha = 0,05$ , což prakticky znamená 5% nespolehlivost výsledků (či opačně 95% jistotu, spolehlivost výsledků), bylo možno z výsledků regresní analýzy zjistit:

- statistickou významnost regresního modelu jako celku, která se hodnotí podle výsledku Fisherova F-testu,
- statistickou významnost jednotlivých regresních koeficientů hodnocenou podle výsledků Studentova t-testu (t-Stat).

Dosažená hladina významnosti F-testu byla nižší než zvolená hladina významnosti  $\alpha$ . To znamená, že chemické složení má statisticky významný souhrnný vliv na teplotu likvidu. Míra vlivu chemického složení na teplotu likvidu je udávána hodnotou koeficientu determinace regresního modelu  $R^2$ , který dosáhl hodnoty vyšší než 90 %. Zbylý podíl koeficientu determinace 10 % dává k úvaze studium dalších vlivů, jako je použitá kombinace chemického složení během výpočtů, limitní obsahy některých prvků, možnosti výpočtů termodynamické databáze či zvolená metoda výpočtu teploty likvidu.

Studentův t-test a hodnota regresních koeficientů vypovídá o vlivu jednotlivých prvků na teplotu likvidu oceli. Regresní koeficienty prvků se záporným znaménkem udávají, že s rostoucím obsahem prvku teplota likvidu klesá. Nejvýrazněji se na teplotě likvidu odráží obsah uhlíku, jehož vliv zapříčiňuje nejvyšší hodnoty regresního koeficientu rov. (1).

Pokud budeme uvažovat při stanovení rovnice výpočtu teploty likvidu metodou vícenásobné regresní analýzy se všemi prvky studované značky oceli, získá rov. (1) pro výpočet teploty likvidu následující tvar [7]:

$$T_L = 1538,8 - 89,9 [\% \text{ C}] - 10,2 [\% \text{ Si}] - 5,8 [\% \text{ Mn}] - 37,8 [\% \text{ S}] - 28,8 [\% \text{ P}] - 2,8 [\% \text{ Ni}] - 6,8 [\% \text{ Mo}] - 1,6 [\% \text{ Cr}] - 9,1 [\% \text{ Al}] \quad (2)$$

## Závěr

Příspěvek prezentuje stanovení teploty likvidu oceli pomocí výpočtu v termodynamické databázi CompuTherm, která je integrovanou součástí SW ProCAST využívaného na katedře metalurgie a slévárenství Fakulty materiálově-technologické pod záštitou Regionálního materiálově-technologického výzkumného centra VŠB – TU Ostrava k numerické simulaci odlévání a tuhnutí oceli a predikci objemových vad v závislosti na okrajových podmínkách odlévání. Na základě výsledků termodynamických výpočtů byla pomocí nástroje Analýzy dat v tabulkovém procesoru Excel a metody vícenásobné regresní analýzy sestavena regresní rovnice pro výpočet teploty likvidu v mezích prvků typických pro zvolenou studovanou značku oceli.

Poznatky studia lze shrnout následovně:

- Znalost teploty likvidu je nezbytná pro správné nastavení teploty lité oceli, resp. míru přehřátí oceli.
- Teplotu likvidu oceli lze stanovit experimentálně pomocí metod termické analýzy nebo teoreticky vypočítat dle dostupných literárních údajů. Další možností je výpočet v termodynamické databázi.
- Termodynamické databáze umožňují uživateli na základě definice chemického složení výpočet nejen teplot fázových transformací, ale i termodynamických vlastností, které mohou být implementovány v nastavení numerických modelů.
- Výpočet v termodynamické databázi může být ovlivněn volbou metody výpočtu a limitními obsahy prvků.
- 66 prozkoumaných variant chemického složení (tab. 2) ukázalo, že se teplota likvidu v mezích obsahu prvků v daném studovaném typu oceli může lišit až o 12 °C (1513 – 1501 = 12), což významně mění podmínky lité, resp. teplotu přehřátí, zejména na zařazení plynulého odlévání oceli.
- Stanovení regresní rovnice pro výpočet teploty likvidu oceli je možné pouze za předpokladu využití dostatečného množství termodynamických výsledků pro různé kombinace obsahů prvků a současně v mezích obsahů prvků dané značky oceli.
- Získanou regresní rovnici lze aplikovat v provozní praxi pro on-line výpočty teploty likvidu dle aktuálního chemického složení, a to v limitních hodnotách sledovaného chemického složení daného typu oceli.
- Teoretické termodynamické výpočty za rovnovážných podmínek je vhodné ověřit fyzikálními experimenty.

### Poděkování

Tato práce vznikla na Fakultě materiálově-technologické při řešení projektu č. LO1203 "Regionální materiálově technologické výzkumné centrum - Program udržitelnosti" financovaného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky. A dále při řešení projektů studentské grantové soutěže č. SP2018/77 a SP2018/60.

### Literatura

- [1] TKADLEČKOVÁ, M., MICHALEK, K., GRYC, K., SOCHA, L., JONŠTA, P., SATERNUS, M., PIEPRZYCA, J., MERDER, T. Research and Development of the Solidification of Slab Ingots from Special Tool Steels. *Archive of Metallurgy and Materials*, 62 (2017) 3, 1453–1458, ISSN 1733-3490.
- [2] GRYC, K., SMETANA, B., ŽALUDOVÁ, M., MICHALEK, K., KLUS, P., TKADLEČKOVÁ, M., SOCHA, L., DOBROVSKÁ, J., MACHOVČÁK, P., VÁLEK, L., PACHLOPNIK, R., CHMIEL, B. Determination of the Solidus and Liquidus Temperatures of the Real-steel Grades with Dynamic Thermal-analysis Methods. *Materiali in Technologie*, 47 (5), 569–575 (2013).
- [3] XIE, Y., YANG, J. Calculation of Solidification-Related Thermophysical Properties of Steels Based on Fe-C Pseudobinary Phase Diagram. *Steel. Res.*, 86 (2015) 7, 766–774.
- [4] GRYC, K., SMETANA, B., STROUHALOVÁ, M., ZLÁ, S., KAWULOKOVÁ, M., KALUP, A., SOCHA, L., TKADLEČKOVÁ, M., MICHALEK, K., JONŠTA, P., SUŠOVSKÝ, M. Srovnání teplot likvidu a solidu určených různými metodami u ocelí odlévaných do kokil. In *Oceláři, 33. ročník konference o teorii a praxi výroby a zpracování oceli*, sborník konference, 30-31.3.2017, Wellness Hotel Energetic, Rožnov p. Radhoštěm, Česká republika. Ostrava: Tanger, 2017, s. 70–76. ISBN 978-80-87294-72-7.
- [5] HAHN, S., SCHADEN, T. Dynaphase: Online Calculation of Thermodynamic Properties during Continuous Casting. *BHM*, 159 (2014) 11, 438–446.
- [6] ProCAST 2016.0 User's Guide.
- [7] MÍČEK, R. Výpočty vybraných parametrů okrajových podmínek plynulého odlévání oceli [online]. (Diplomová práce) Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2018. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10084/128957>, [cit. 2018-12-19].
- [8] [http://user.mendelu.cz/drapela/Statisticke\\_metody/Prezentace/zakladi/Aktivace\\_Analyza\\_dat.pdf](http://user.mendelu.cz/drapela/Statisticke_metody/Prezentace/zakladi/Aktivace_Analyza_dat.pdf)

## Nový projekt Fakulty materiálově-technologické VŠB-TUO se soustředí na nakládání s odpady z hutí a souvisejících provozů.

Problematika odpadů je v posledních letech skloňována především v souvislosti s odpady z domácností. Nový projekt Fakulty materiálově-technologické VŠB-TUO se soustředí na nakládání s odpady z hutí a souvisejících provozů. Nejde jen o jeho zpracování ale také o technologie, které zajišťují omezení jeho produkce. Součástí projektu je vznik a vybavení dvou společných výzkumných pracovišť na území ostravské aglomerace i zapojení studentů do problematiky.

„Nová laboratorní pracoviště vzniknou v podmínkách zúčastněných výzkumných organizací, tj. na naší univerzitě a ve společnosti MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o. Na univerzitě to bude pracoviště zaměřené na výzkum fyzikálních a chemických vlastností zkoumaných odpadních nebo druhotných produktů. U partnera projektu vznikne výzkumné pracoviště zaměřené na metody termického zpracování těchto zkoumaných látek,“ dodává ke zrodu unikátních laboratoří doc. Vlček z Fakulty materiálově-technologické. Nový projekt řeší např. skutečnost, že zůstávají podíly strusek, které využití nenacházejí nebo jejich využití přináší jen malý ekonomický a společenský přínos. Příkladem jsou ocelářské strusky, zejména pánvové.

Výzkum se také zaměří na možnosti dalšího zpracování ostatních tuhých odpadů, materiálů a vedlejších produktů hutních a souvisejících provozů. Hutní podniky generují kromě strusek celou škálu dalších vedlejších produktů, odpadů nebo materiálů, které nejsou primárním cílem metalurgické produkce. Větší část je již v současnosti dále materiálově využívána, ale pro některé odpady a odpadní materiály se další využití teprve hledá nebo míra využití je málo ekonomicky výhodná. V souvislosti se zavedením nejnovějších ekologizačních opatření, dochází k vyšší efektivitě zachytávání pevných částic, což je důsledkem rozsáhlých investic realizovaných v metalurgických podnicích, které vznikají při čištění plynu v metalurgii a souvisejících výroбах. Toto způsobuje nárůst těchto pevných částic – tzv. odprašků, které jsou odpadem, jehož další zpracování a využití je jedním z výzkumných úkolů tohoto projektu.

K získání unikátního projektu pomohlo Fakultě materiálově-technologické, kromě vysoké odbornosti, především partnerství s průmyslovými podniky. Zapojí se tak hlavně MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o. a zástupci aplikační sféry z oblasti hutnictví, a souvisejících odvětví a zpracování odpadu, kterými jsou TRINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s., SMOLO a.s., ArcelorMittal Ostrava a.s., KRÁLOVOPOLSKÁ, a.s. a Národní strojírenský klastr, z. s.

Hlavní náplní nového projektu je realizace společného výzkumu v oblasti eliminace, dalšího zpracování a využití průmyslových odpadů, materiálů a vedlejších produktů z metalurgických výrobeh, které nejsou primárním cílem výroby. Jeho rozpočet přesahuje 78 milionů korun, z čehož dotace je ve výši téměř 70 milionů korun. Realizace projektu podpoří výzkumnou spolupráci uvedených organizací v letech 2019 až 2022.

- z tiskové zprávy -