

Studium teplot fázových transformací slitin na bázi Fe–C–Ni a Fe–C–Cr v nízkoteplotní oblasti

Study of phase transformation temperatures of Fe–C–Ni a Fe–C–Cr based alloys in the low temperature region

Ing. Monika Kawuloková, Ph.D.¹; prof. Ing. Bedřich Smetana, Ph.D.^{2,3}; doc. Mgr. Ondřej Zobač, Ph.D.⁴; Mgr. Martin Friák, Ph.D.⁴, Mgr. Ing. Sabina Kovaříková Oweis⁴, prof. Ing. Markéta Tkadlečková, Ph.D.⁵, Ing. Jiří Cibulka, Ph.D.⁶

¹ VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta materiálově-technologická, Katedra chemie a fyzikálně chemických procesů, 17. listopadu 2172/15, Ostrava-Poruba, 708 00, monika.kawulokova@vsb.cz

² VŠB – Technická univerzita Ostrava, Centrum nanotechnologií, 17. listopadu 2172/15, Ostrava-Poruba, 708 00

³ MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o., Pohraniční 693/31, Ostrava-Vítkovice, 703 00

⁴ Ústav fyziky materiálů AV ČR, v. v. i., Žižkova 513/22, Brno, 614 00

⁵ Střední průmyslová škola Třineckých železáren, Lánská 132, 739 61 Třinec – Kanada

⁶ TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s., Průmyslová 1000, Třinec, 739 61

Abstrakt

Cílem tohoto příspěvku je experimentální a teoretické stanovení teplot fázových transformací vybraných slitin na bázi systémů Fe–C–Ni a Fe–C–Cr. Tyto slitiny představují významné modelové systémy, které umožňují hlubší pochopení chování komplexních vícesložkových ocelí při tepelném zpracování. Experimentální část práce byla založena na využití diferenční termické analýzy (DTA) a dilatometrie, které umožňují sledovat tepelnou odezvu materiálu a jeho rozměrové změny při řízeném ohřevu. Studované slitiny byly připraveny vakuovým indukčním tavením a analyzovány v prostředí inertního plynu (argon) s cílem minimalizovat vliv oxidačních procesů. Pro zvýšení komplexnosti hodnocení byly experimentální výsledky doplněny teoretickými výpočty pomocí softwarů Thermo-Calc a JMatPro, vycházejících z termodynamických a kinetických modelů. Výsledky ukazují velmi dobrou shodu mezi metodami DTA a dilatometrie při stanovení teplot A_{c1} a A_{c3} , přičemž zjištěné rozdíly nepřesahují několik stupňů Celsia. Pozorované odchylky lze přičíst zejména rozdílnému principu měření a charakteru detekovaného signálu jednotlivých metod. Rovněž byla nalezena dobrá korelace mezi experimentálními a vypočtenými hodnotami, ačkoli absolutní hodnoty vykazují určité systematické rozdíly. Z hlediska vlivu chemického složení bylo potvrzeno, že chrom zvyšuje transformační teploty díky stabilizaci feritické fáze, zatímco nikl má opačný efekt a podporuje stabilitu austenitu, čímž tyto teploty snižuje. Získané výsledky tak přispívají k lepšímu pochopení transformačního chování slitin na bázi železa a poskytují cenné podklady pro jejich další výzkum i praktické technologické využití. Studium transformačních teplot je klíčové pro optimalizaci výrobních procesů, řízení mikrostruktury a dosažení požadovaných mechanických a fyzikálních vlastností materiálů.

Klíčová slova: DTA; dilatometrie; Fe-C-Cr; Fe-C-Ni; teploty fázových transformací

Abstract

The aim of this paper is to experimentally and theoretically determine the temperatures of phase transformations of selected alloys based on the Fe–C–Ni and Fe–C–Cr systems. These alloys represent important model systems that enable a deeper understanding of the behavior of complex multicomponent steels during heat treatment. The experimental part of the study was based on the use of differential thermal analysis (DTA) and dilatometry, which allow monitoring of the thermal response of the material and its dimensional changes during controlled heating. The investigated alloys were prepared by vacuum induction melting and analyzed in an inert argon atmosphere in order to minimize the effect of oxidation processes.

To enhance the overall evaluation, the experimental results were complemented by theoretical calculations using Thermo-Calc and JMatPro software, based on thermodynamic and kinetic models. The results show very good agreement between the DTA and dilatometric methods in determining A_{c1} and A_{c3} temperatures, with observed differences not exceeding a few degrees Celsius. The discrepancies can be attributed to the different measurement principles and signal characteristics of the individual methods, mainly. A good correlation between experimental and calculated values was also found, although some systematic deviations in absolute values were observed. From the perspective of chemical composition, it was confirmed that chromium increases transformation temperatures due to stabilization of the ferritic phase, whereas nickel has the opposite effect, promoting austenite stability and thus lowering these temperatures. The obtained results contribute to a better understanding of transformation behavior in iron-based alloys and provide valuable data for further research and practical technological applications. The study of transformation temperatures is crucial for optimizing production processes, controlling microstructure evolution, and achieving the desired mechanical and physical properties of materials.

Key words: DTA; dilatometry; Fe-C-Cr; Fe-C-Ni; phase transition temperatures

1. Úvod

Slitiny na bázi železa představují základní konstrukční materiály využívané v širokém spektru průmyslových aplikací. Jejich vlastnosti jsou ve značné míře ovlivněny chemickým složením a průběhem fázových přeměn, ke kterým dochází v průběhu tuhnutí, ochlazování a následného tepelného nebo termomechanického zpracování. Z tohoto důvodu je detailní znalost teplot fázových přeměn zásadní jak pro praktickou výrobu ocelí a slitin, tak pro výzkum zaměřený na pochopení jejich termodynamického a kinetického chování [1,2].

Systémy Fe-C-Ni a Fe-C-Cr patří mezi důležité modelové slitiny, které slouží k popisu chování složitějších vícesložkových ocelí. Příklad níkelu nebo chromu významně ovlivňuje průběh fázových přeměn a tím i výslednou mikrostrukturu a vlastnosti materiálu. Přesná experimentální data, jako jsou teploty fázových transformací, jsou nezbytná pro správné nastavení výrobních procesů a pro ověřování výsledků termodynamických a kinetických výpočtů [3].

Jednou z vhodných experimentálních metod pro studium teplot fázových transformací slitin na bázi železa je diferenční termická analýza (DTA), která umožňuje identifikovat teploty fázových přeměn. Kromě DTA lze využít také dilatometrická měření (hojně využívané měření v oblasti studia pevné fáze), která poskytují informace o chování materiálu při zahřívání/ochlazování a umožňují např.: také přesnější stanovení počátku tání slitin. Kombinace těchto dvou metod přispívá k lepšímu porozumění transformačních procesů probíhajícím v materiálu [4].

2. Experiment

2.1. Vzorky

Studované slitiny byly připraveny z čistých kovů (Fe, Ni, Cr) s přídatkem grafitického uhlíku tavením ve vakuu ve vakuové indukční peci Leybold Heraeus. Ingoty (cca 3 kg) byly odlity do válcové formy, následně rozřezány a osoustruženy na tyče o průměru 3,5 (pro DTA) resp. 6 mm (pro DIL). Tyto tyče byly nařezány na válečky o výšce 3,5 mm (pro DTA) resp. 10 mm (pro DIL). Vzorky byly před samotnou analýzou obroušeny (zbaveny otřepů a případné oxidické vrstvy) a očištěny v acetonu za současného působení ultrazvuku. Chemické složení jednotlivých vzorků je uvedeno v **tab. 1**. Vzorky mají podobné chemické složení. Výrazněji se liší obsahem chromu a níkelu.

Tab. 1 Chemické složení studovaných vzorků v hm.%

Tab. 1 Chemical composition of studied samples in wt.%

Vzorek	C	Ni	Cr	Mn	Al	N	W	P	S	O
Ni1	0,382	1,084	0,010	0,030	0,010	0,003	0,001	0,004	0,005	0,002
Ni2	0,338	4,478	0,010	0,031	0,010	0,003	0,001	0,005	0,002	0,001
Cr1	0,344	0,001	0,924	0,056	0,010	0,026	0,025	0,004	0,007	0,002
Cr2	0,340	0,001	4,760	0,042	0,004	0,001	0,044	0,002	0,003	0,001

2.2. DTA – diferenční termická analýza

Pro získání teplot fázových přeměn vzorků byla využita metoda DTA (**Diferenční Termická Analýza** – měření teplotního rozdílu mezi vzorkem a referencí [5]) a zařízení **Setaram SETSYS 18TM**, senzor typ S. Před vlastním měřením byla provedena kalibrační měření na Ag o čistotě 5N. Vzorky byly analyzovány v korundových kelímcích o objemu 100 µl, které byly uzavřeny korundovým víčkem. Před samotnou analýzou byl vnitřní prostor pece proplachován inertním plynem Ar, 6N a následně evakuován. V průběhu analýzy byla udržována ve vnitřním prostoru pece dynamická atmosféra (Ar, 6N o průtoku 30 ml/min). Vzorky byly analyzovány při rychlosti ohřevu 10 °C/min.

2.3. Dilatometrie

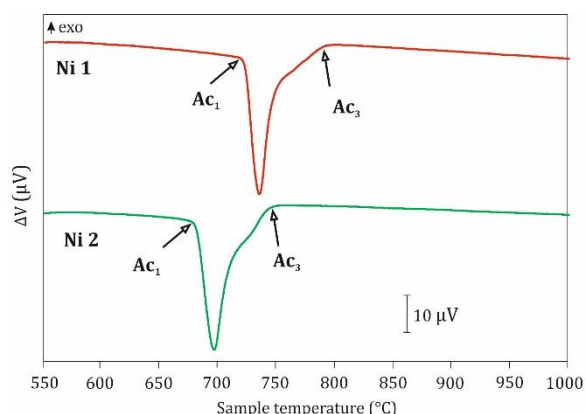
Dilatometrie je dynamická tepelně analytická metoda, která umožňuje sledovat rozměrové změny analyzovaného materiálu při jeho ohřevu/ochlazení při současném působení „nulové“ (zanedbatelné, minimální) síly na vzorek [6, 7, 8]. Pro studium teplot fázových přeměn byl využit přístroj **Netzsch DIL Expedis SUPREME** s inovativním senzorem **NanoEye** (opto-elektrický detekční systém) s rozlišením opto-elektrického senzoru **0.1 nm**. Před vlastním měřením byla provedena teplotní kalibrace. Při analýze byl použit korundový držák vzorku, podložka vzorku a přítlačné táhlo. Před samotnou analýzou byl prostor kolem vzorku proplachován vysoce čistým Ar (6N), následně byl prostor kolem vzorku třikrát evakuován a opět naplněn Argonem (6N). Během experimentu byla udržována ve vnitřním prostoru pece dynamická atmosféra Ar o průtoku 60 ml/min. Experimenty byly prováděny při řízené rychlosti ohřevu 5 °C/min.

2.4. Termodynamické výpočty

K teoretickému studiu teplot fázových přeměn bylo využito SW vybavení **Thermo-Calc** (SW TC, ver. 2019a, databáze TCFE8) a **JMatPro** (ver. 11.1 a databáze General Steel), opírající se o termodynamické, kinetické a termodynamicko-kinetické výpočty [9, 10]. Byl vypočítán izokoncentrační rovnovážný fázový diagram „Fe-C“ (pseudobinární) s využitím SW TC (200–1000 °C) a fázové složení (změna v závislosti na teplotě) s SW JMatPro (200–1000 °C). Na základě těchto výpočtů byly získány teploty fázových transformací studovaných vzorků.

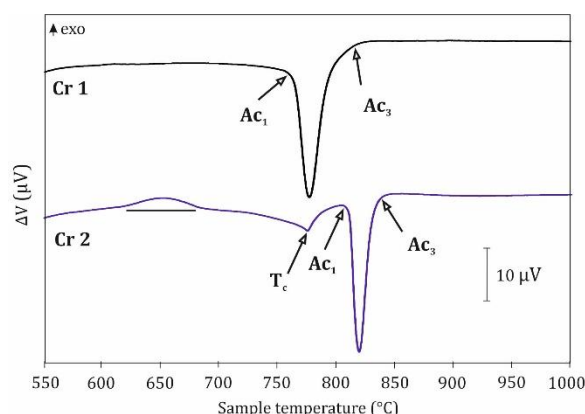
3. Výsledky a diskuse

Teploty fázových transformací byly získány na základě vyhodnocení DTA a dilatometrických křivek, viz **obr. 1, 2, 3 a 4**. DTA křivky systémů na bázi Fe-C-Ni jsou uvedeny na **obr. 1**, systémů na bázi Fe-C-Cr na **obr. 2**.



Obr. 1 DTA křivky vzorků Ni1 a Ni2

Fig. 1 DTA curves of analysed samples Ni1 a Ni2



Obr. 2 DTA křivky vzorků Cr1 a Cr2

Fig. 2 DTA curves of analysed samples Cr1 a Cr2

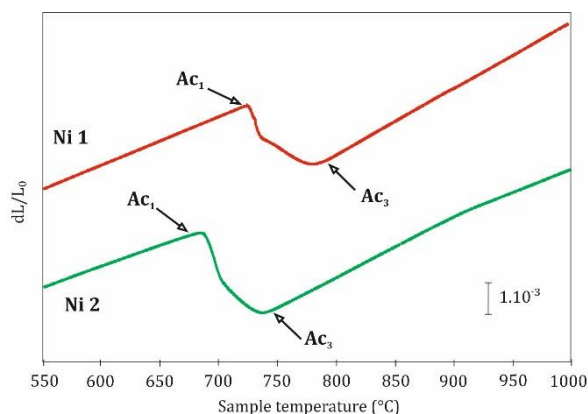
DTA křivky vzorku Ni1 a Ni2 mají velmi podobný tvar. Na DTA křivkách obou vzorků lze pozorovat dva překrývající se tepelné efekty (píky). První pík (výrazný tepelný efekt) je obrazem eutektoidní fázové přeměny ($\alpha + \text{Fe}_3\text{C} \rightarrow \gamma$). Teplota eutektoidní fázové přeměny odpovídá teplotě počátku tvorby austenitu. Tato teplota je označena jako A_{c1} (obr. 1).

Druhý pík (nevýrazný tepelný efekt) odpovídá přeměně feritu na austenit. Ferit se začíná přeměňovat na austenit při teplotě eutektoidní přeměny (A_{c1}). Teplota ukončení druhého píku odpovídá teplotě ukončení přeměny feritu na austenit. Teplota ukončení této přeměny je označena jako A_{c3} (obr. 1).

Na základě charakteristického tvaru křivky před začátkem píku lze předpokládat, že část tohoto píku odpovídala Curieho přeměně (došlo k úplnému překrytí těchto dvou píků). Vzhledem k tomuto překrytí však není možné přesně určit teplotu Curieho přeměny [11]. Z tohoto důvodu nebyla tato teplota vyhodnocena.

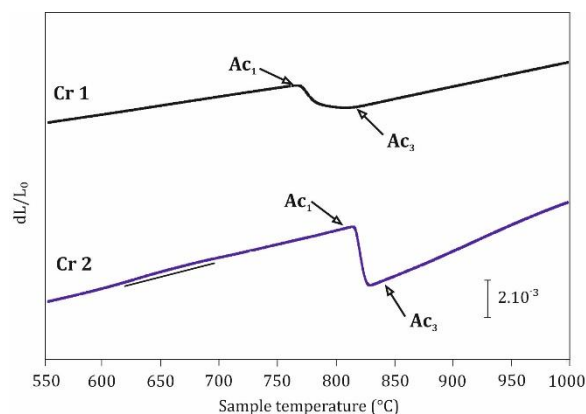
DTA křivky vzorku Cr1 a Cr2 se výrazněji liší svým tvarem, viz obr. 2. Na DTA křivce vzorku Cr1 lze pozorovat výrazný tepelný efekt skládající se ze dvou píků. Podobně jako u vzorků Ni1 a Ni2 odpovídá tento dvojpík eutektoidní přeměně a přeměně feritu na austenit. V tomto tepelném efektu je zahrnut také pík odpovídající Curieho přeměně. Na DTA křivce vzorku Cr2 je viditelný exotermní pík v teplotním rozmezí cca 610–680 °C, který pravděpodobně odpovídá rozpadu nerovnovázné fáze martenzitu. Následující pík s ostrým vrcholem odpovídá magnetické přeměně. Teplota vrcholu píku označuje teplotu Curieho bodu. Třetí, nejvýraznější pík skládající se ze dvou překrývajících se tepelných efektů, je stejně jako u předchozích vzorků obrazem probíhající eutektoidní přeměny a přeměny feritu na austenit.

Teploty fázových transformací byly získány také na základě vyhodnocení dilatometrických křivek, viz obr. 3 a 4. Na dilatometrických křivkách jsou vyznačeny charakteristické teploty A_{c1} a A_{c3} . Stejně jako u DTA křivek mají dilatometrické křivky vzorků Ni1, Ni2 a Cr1 velmi podobný tvar. Na dilatometrické křivce vzorku Cr2 je možné pozorovat rozpouštění nerovnovázné fáze, stejně jako na DTA křivce.



Obr. 3 Dilatometrické křivky vzorků Ni1 a Ni2

Fig. 3 Dilatometric curves of analysed samples Ni1 a Ni2



Obr. 4 Dilatometrické křivky vzorků Cr1 a Cr2

Fig. 4 Dilatometric curves of analysed samples Cr1 a Cr2

Všechny experimentálně získané teploty jsou uvedeny v **tab. 2 a 3**. V **tab. 2 a 3** jsou uvedeny také teploty vypočítané pomocí SW TC a JmatPro.

Tab. 2 Teploty fázových transformací pro slitiny Ni1 a Ni2 ve °C

Tab. 2 Phase transformation temperatures for alloys Ni1 a Ni2 in °C

Vzorek	Teplota	DTA	DIL	TC	JMatPro
Ni1	Ac ₁	720	722	696	699
	Ac ₃	793	787	768	768
Ni2	Ac ₁	679	678	666	668
	Ac ₃	745	740	714	718

Tab. 3 Teploty fázových transformací pro slitiny Cr1 a Cr2 ve °C

Tab. 3 Phase transformation temperatures for alloys Cr1 a Cr2 in °C

Vzorek	Teplota	DTA	DIL	TC	JMatPro
Cr1	Ac ₁	766	761	744	743
	Ac ₃	820	819	794	790
Cr2	Ac ₁	814	813	800	795
	Ac ₃	845	839	804	800

Teploty fázových transformací stanovené na základě DTA i dilatometrických křivek vykazují navzájem velmi dobrou shodu, což potvrzuje vhodnost kombinace těchto dvou metod pro studium teplot fázových transformací slitin na bázi železa. Jak je patrné z **tab. 2 a 3**, rozdíly mezi teplotami získanými pomocí DTA a dilatometrickým stanovením nepřesahují několik stupňů Celsia, přičemž největší odchylka (cca 6 °C) byla zaznamenána u teploty Ac₃ u vzorků Cr2 a Ni1. Tento rozdíl může být způsoben obtížnějším stanovením teploty Ac₃ z DTA i dilatometrických křivek. Tvar křivek není ostrý a teplota tak může být určena v teplotním intervalu několika stupňů. Stanovení této teploty proto může být zatíženo větší mírou nejistoty než u teploty Ac₁. Tyto malé rozdíly mezi experimentálně stanovenými teplotami svědčí o přesnosti obou metod a minimalizaci vlivu experimentálních podmínek.

Teplota Ac₁ vzorku Ni1 s obsahem 1,084 hm. % Ni byla stanovena 720 °C metodou DTA a 722 °C pomocí dilatometrie. U vzorku Ni2 s obsahem 4,478 hm. % Ni byla získána teplota Ac₁ 679 °C při využití DTA a 678 °C při měření dilatometricky.

Teplota A_{c_3} vzorku Ni1 byla stanovena 793 °C metodou DTA a 787 °C pomocí dilatometrie. U vzorku Ni2 byly stanoveny nižší hodnoty, a to 745 °C při měření metodou DTA a 740 °C při použití dilatometrie.

Ze získaných výsledků je patrné, že se zvyšujícím se obsahem niklu dochází ke snížení obou transformačních teplot A_{c_1} i A_{c_3} . Toto snížení je v souladu s údaji uváděnými v literatuře a je charakteristickým projevem působení niklu jako austenitotvorného prvku, který stabilizuje austenit a rozšiřuje oblast jeho stability směrem k nižším teplotám [12].

Teplota A_{c_1} vzorku Cr1 s obsahem 0,924 hm. % Cr byla stanovena 766 °C metodou DTA a 761 °C pomocí dilatometrie. U vzorku Cr2, který obsahuje 4,76 hm. % Cr, dosahuje teplota A_{c_1} hodnot 814 °C při stanovení metodou DTA a 813 °C při využití dilatometrie.

Teplota A_{c_3} vzorku Cr1 byla stanovena 820 °C metodou DTA a 819 °C pomocí dilatometrie. U vzorku Cr2 byly pozorovány vyšší hodnoty, konkrétně 845 °C při použití DTA a 839 °C při stanovení dilatometricky.

Ze získaných výsledků je patrné, že s vyšším obsahem chromu se zvyšuje teplota A_{c_1} i A_{c_3} . Pozorované zvýšení odpovídá údajům uváděným v literatuře. Toto zvýšení může být důsledkem stabilizačního účinku chromu na feriticko-karbidickou strukturu a současného rozšíření její oblasti stability na úkor austenitu. Pro zahájení přeměny na austenit je tedy nutné dodat větší množství tepelné energie, což se projeví právě zvýšením teploty A_{c_1} . Navíc přítomnost chromu může vést k tvorbě stabilnějších a hrubších karbidických částic, jejichž rozpouštění během ohřevu probíhá pomaleji a vyžaduje vyšší teplotu [12].

Teoreticky získané teploty jsou si také vzájemně blízké, ale mezi experimentálně získanými a vypočítanými teplotami jsou rozdíly větší. Mezi vypočítanými teplotami je maximální rozdíl u teploty A_{c_1} vzorku Cr2 a to 5 °C. Větší rozdíly pak lze pozorovat mezi experimentálně stanovenými a vypočítanými teplotami. Rozdíly se pohybují řádově v desítkách °C. Tyto rozdíly mohou být způsobeny tím, že SW Thermo-Calc a JMatPro (využívající metodu CALPHAD) určují transformační teploty na základě rovnovážných podmínek, tj. z minimalizace Gibbsovy energie systému. Tyto hodnoty proto reprezentují ideální teploty, při nichž je daná fáze termodynamicky stabilní. Termodynamický přístup tak poskytuje informaci o možném průběhu přeměny, avšak neodráží její skutečnou rychlost ani mechanismus na rozdíl od experimentálních metod, u kterých má vliv na získané veličiny samotný proces ohřevu/ochlazování.

4. Závěr

Na základě provedeního experimentálního a teoretického studia lze konstatovat, že kombinace diferenční termické analýzy (DTA) a dilatometrie představuje vhodný a vzájemně se doplňující nástroj pro přesné stanovení teplot fázových transformací slitin na bázi Fe-C-Ni a Fe-C-Cr. Byla prokázána velmi dobrá shoda mezi výsledky obou experimentálních metod, přičemž rozdíly v hodnotách teplot A_{c_1} a A_{c_3} nepřesahují několik stupňů Celsia, což potvrzuje vysokou spolehlivost získaných dat.

Z hlediska vlivu chemického složení bylo prokázáno, že nikl působí jako austenitotvorný prvek, který s rostoucí koncentrací snižuje teploty A_{c_1} i A_{c_3} , zatímco chrom jako ferritotvorný prvek tyto teploty zvyšuje v důsledku stabilizace feriticko-karbidické struktury a zpomalení rozpouštění karbidických fází, což je v souladu s literaturou.

Získané výsledky přispívají k hlubšímu pochopení transformačního chování vícesložkových ocelí a poskytují důležitá experimentální i teoretická data využitelná při návrhu chemického složení a optimalizaci technologických procesů tepelného a mechanického zpracování. Současně potvrzují význam kombinace experimentálních metod a výpočetních přístupů pro komplexní analýzu fázových přeměn a zpřesnění jejich teplot u systémů na bázi železa.

PODĚKOVÁNÍ

Authors acknowledge CirkArena project reg. no. CZ.10.03.01/00/22_003/0000045 financed by the Operational Programme "Spravedlivá transformace" (OP ST, Just Transition Fund) and cofunded by the Ministry of the Environment of the Czech Republic and SGS project SP2026/065.

LITERATURA

- [1] GARCÍA DE ANDRÉS, C.; CABALLERO, F. G.; CAPDEVILA, C. Application of dilatometric analysis to the study of phase transformations in steels. *Materials Characterization* 48 (2002), 101–111.
- [2] ZHAO, J. Z.; MESPLONT, C.; DE COOMAN, B. C. Kinetics of Phase Transformations in Steels. *ISIJ International* 41 (2001) 5, 492–497.
- [3] ŽALUDOVÁ M, SMETANA B, ZLÁ S et al. Experimental study of Fe–C–O based system below 1000 °C. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 2013, 111(2), 1203–1210.
- [4] LIU H M, BERNHARD M, KAWULOKOVÁ M et al. Decomposition of γ -Fe in 0.4C–1.8Si–2.8Mn–0.5Al steel during a continuous cooling process: A comparative study using in-situ HT-LSCM, DSC and dilatometry. *Journal of Materials Research and Technology*, 2023, 24, 3534–3547.
- [5] Introduction to TG/DTA/DSC thermal analysis methods. Illinois Institute of Technology, online, [cit. 2026-05-21].
- [6] TAKAHASHI, M.; BHADESHIA, H. K. D. H. Dilatometric data for steel transformations. *Journal of Materials Science Letters* 8 (1989), 477–478.
- [7] CATTEAU, S. D.; SOURMAIL, T.; MOINE, A. Dilatometric study of phase transformations in steels. *Materials Performance and Characterization* 5 (2016), 564–584.
- [8] MORAWIEC, M.; SKOWRONEK, A.; KRÓL, M. et al. Dilatometric analysis of phase transformations in steels. *Materials* 13 (2020), 5443.
- [9] SAUNDERS, N.; GUO, Z.; Miodownik, A. P. et al. Using JMatPro® to model materials properties and behaviour. *JOM* 55 (2003), 60–65.
- [10] GUO, Z.; SAUNDERS, N.; SCHILLÉ, J. P.; MIODOWNIK, A. P. Material properties for process simulation. *Materials Science and Engineering A* 499 (2009), 7–13.
- [11] SMETANA, B.; ZLÁ, S.; KAWULOKOVÁ, M. et al. Phase transition temperatures and magnetic transformations in steels. *Conference Proceedings*, 2015.
- [12] WRÓBEL, J. S.; NGUYEN-MANH, D.; LAVRENTIEV, S. et al. Phase stability of Fe–Cr–Ni alloys. *Culham Science Centre Report*, 2014.

INFORMATIVNÍ ČLÁNEK

Škola, která vyrostla s hutí. Střední průmyslová škola slaví 90. výročí

4. února 2026

Tradice odborného vzdělávání v Třinci sahá už devadesát let do minulosti. V roce 1936 vznikla v areálu Třineckých železáren Závodní učňovská škola, která připravovala mladé lidi na práci v hutí a postupně se stala základem dnešní Střední průmyslové školy Třineckých železáren. Ta letos slaví 90 let od svého založení. Dnes je škola jedinou v České republice, která vyučuje například maturitní obor Management kvality v průmyslu, a dlouhodobě spolupracuje s vysokými školami, zejména s VŠB – Technickou univerzitou Ostrava. Studenti tak mají možnost plynule navázat na další odborné studium. Do budoucna se škole chce otevřít i celoživotnímu vzdělávání, odborným kurzům a rekvalifikacím. V plánu je také snaha o získání Technického lycea, které by rozšířilo nabídku pro žáky se zájmem o moderní technická a environmentální témata.

Originál článku naleznete zde: trz.cz