Hutnické listy č. 4/2016, roč. LXIX
ISSN 0018-8069

Recenzované výzkumné články

Makrostrukturní a chemická homogenita ocelového ingotu

Macrostructural and Chemical Homogeneity of the Steel Ingot

Ing. Jaroslav Pindor, Ph.D.[1]; **Ing. Vladislav Kurka, Ph.D.**[1]; **Ing. Jana Kosňovská**[1]**; Ing. Šárka Štefanišinová**[1]; **doc. Ing. Ladislav Socha, Ph.D.**[2]

[1] MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o., Pohraniční 693/31, 703 00 Ostrava-Vítkovice, Česká republika

[2] VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství, Katedra metalurgie a slévárenství, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava – Poruba, Česká republika

Společnost MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o. (dále jen MMV) řeší výzkumný projekt Technologie intenzivního chlazení oceli odlité do kokily. Tento projekt je podpořen z programu „Podpora vědy a výzkumu v Moravskoslezském kraji 2015“. V rámci projektu bude odzkoušena technologie intenzivního chlazení oceli odlité do kokily. Řešení projektu je rozděleno na dvě části. V první části byl odlit referenční ingot. Byl proveden rozbor makrostrukturní a chemické homogenity odlitého ingotu, který je obsahem tohoto příspěvku.

Klíčová slova: *ocel; ingot; chlazení oceli; lití do kokily; chemická homogenita; makrostrukturní homogenita*

Company MATERIAL AND METALLURGICAL RESEARCH Ltd. (Hereinafter MMV) has research project "Technology of intensive cooling of steel during casting into the mold set". This project is supported by the program "Support for science and research in the Moravian-Silesian Region 2015". The project will test the technology of intensive cooling of steel during casting into the mold set. The project is divided into two parts. In the first part the reference ingot was cast. The ingot was subjected to the tests of macroscopic homogeneity and chemical homogeneity, which is presented in this paper.

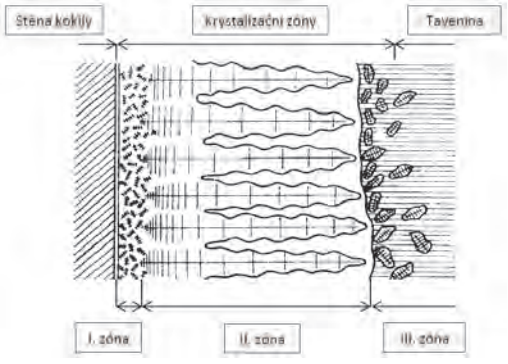
Macrostructure of the ingot in sections corresponds to the theoretical assumption. Chemical analysis was made over the cross section of the sections of the ingot, and confirmation was made in the section of the body. The presented results describe the standard cast ingot, which will serve for comparison of macrostructure and chemical homogeneity of the second ingot, which will be intensively cooled during casting. To achieve the best results for comparison, this second ingot will be analyzed in the same way.

Key words: *steel, ingot; cooling steel; ingot casting; chemical homogeneity; macroscopic homogeneity*

1. Krystalizace a tuhnutí oceli v ingotu

Proces krystalizace a tuhnutí ocelového ingotu je značně složitý. V jeho průběhu dochází k rozvoji chemických, tepelných, kinetických a fyzikálně chemických procesů, které výrazným způsobem ovlivňují nejen růst a tvar krystalů, ale také jejich rozměry a orientaci. Během tuhnutí ocelových ingotů dochází také ke vzniku nestejnorodostí, které jsou příčinou nedostatků a vad.

Struktura ocelových ingotů je charakterizována třemi krystalizačními zónami, jak je patrné na obr. 1. První zóna představuje zónu drobných rovnoosých krystalů, která se rozkládá v povrchových vrstvách ingotu, tzv. licí kůra. Na první zónu navazují protažené krystaly ve směru odvodu tepla, tzv. kolumnární krystaly. Třetí zóna je umístěna ve střední části ingotu a tvoří ji oblast hrubých různě orientovaných krystalů. Charakteristika jednotlivých zón závisí na chemickém složení a fyzikálních vlastnostech oceli, dále hmotnosti ingotu, teplotě kovu při odlévání a celé řadě dalších faktorů.



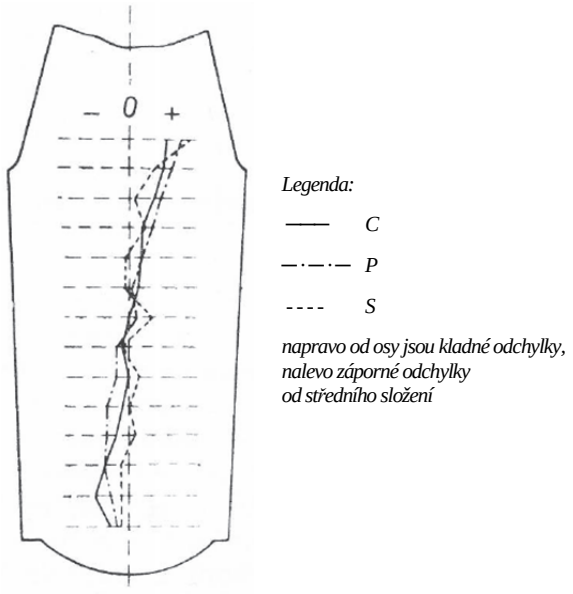
Obr. 1 Schéma struktury krystalizačních zón ocelového ingotu [2]
Fig. 1 A structure diagram of the crystallization zones of the steel ingot [2]

Při tuhnutí oceli obsahující příměsi se vylučují nejdříve tuhé fáze, které jsou chudší na příměsi. To znamená, že nejdříve tuhnou části taveniny s vyšší teplotou tavení, zatímco část taveniny obohacená o příměsi je vytěsňována do později tuhnoucích prostorů. Děje probíhající podle těchto zákonitostí a podporované průběhem dalších složitých fyzikálních a chemických dějů (unikání plynů z oceli, poruchy struktury během tuhnutí, odměšování složek navzájem nedokonale mísitelných apod.) vedou k tomu, že výsledná struktura oceli není homogenní. Prvky obsažené v oceli je možné seřadit dle klesajícího stupně segregace následujícím způsobem: síra, fosfor, uhlík, křemík a mangan. V tab. 1 je uveden sklon jednotlivých prvků k segregaci.

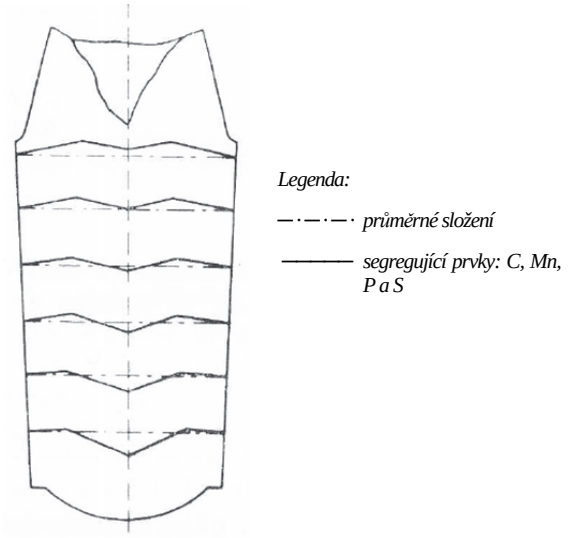
Tab. 1 Sklon jednotlivých prvků k segregaci (vyjádřený hodnotou 1 – koeficient segregace) [3]
Tab. 1 The tendency of individual elements to segregation expressed by 1 - coefficient of segregation) [3]

Prvek v oceli	1 - koeficient segregace	Prvek v oceli	1 - koeficient segregace
Síra	0,95	Nikl	0,20
Titan	0,95	Mangan	0,16
Fosfor	0,93	Vanad	0,10
Kyslík	0,90	Hliník	0,08
Uhlík	0,87	Kobalt	0,08
Měď	0,44	Chrom	0,05
Křemík	0,34	Wolfram	0,05
Molybden	0,30	-	-

Stupeň segregace jednotlivých prvků spočívá v tvorbě nové specificky lehčí fáze, bohaté zejména na síru, fosfor a uhlík, která má tendenci vystupovat do horní části ingotu, jak je patrné z obr. 2. Stupeň segregace jednotlivých prvků se mění nejen ve svislém řezu ingotu, ale i v příčných řezech, jak je vidět na obr. 3.



Obr. 2 Ukázka průběhu chemického složení v ose ingotu [3]
Fig. 2 Chemical composition in the axis of the ingot [3]



Obr. 3 Ukázka průběhu chemického složení v ose ingotu [3]
Fig. 3 Chemical composition in the axis of the ingot [3]

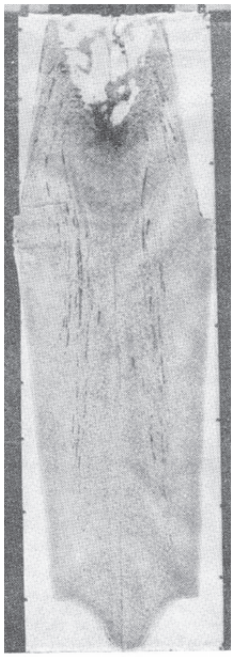
Rozeznáváme dva typy segregací, a to pásmovou (zonální) a dendritickou (krystalovou). Pásmová segregace prvku nastává během tuhnutí ingotu. Velikost vyloučených prvků závisí na poměru mezi rychlostí efektivní difuze a rychlostí krystalizace. Při počáteční rychlé krystalizaci nenastává pásmová segregace a teprve při dalším zpomalení krystalizace je umožněn difuzní přechod segregujících prvků do volné taveniny. Za sloupovitou vrstvou ingotu, kde nastává zrychlené tuhnutí, ztuhne matečná tavenina obohacená segregovanými prvky.

Dendritická segregace se projevuje v mikroskopických částech při růstu každého dendritu. Uzavřením matečné taveniny mezi větvemi dendritu a omezením konvenčního pohybu částic kovové hmoty a difuzí nastává tzv. dendritická segregace. Při tuhnutí dendritu i krátce po jeho ztuhnutí probíhá difuze. Proto je výsledný stupeň dendritické segregace dán nejen koeficientem segregace, ale i koeficientem difuze a rychlostí krystalizace. Na hranici krystalizačního pásma však nemůže uzavírání taveniny osami dendritů proběhnout úplně a příměsi difundují do volné taveniny. Tím probíhá kromě dendritické segregace i celkové obohacení volné taveniny segregujícími prvky a vzniká tzv. pásmová segregace. Proto jsou oba typy segregací, dendritická a pásmová, v úzkém vzájemném vztahu. Zvýší-li se např. difuze příměsí z krystalizačního pásma do taveniny mícháním, podporuje se pásmová segregace. Kdyby naopak tato difuze vůbec neprobíhala, pásmová segregace by prakticky nevznikla. Při průběhu dendritické segregace nastává i místní zvýšení koncentrace některých nečistot, např. sulfidů, oxidů a nitridů. Dendritická segregace může být příčinou vzniku trhlinek účinkem tepelného i strukturního pnutí. Může mít také vliv na popouštěcí křehkost, obrobitelnost a tvárnost ingotu.

Místní, výrazně omezené segregace makroskopických rozměrů se nazývají vycezeniny. Ve vycezeninách jsou koncentrovány nejen segregující prvky, ale i vměstky,

Hutnické listy č. 4/2016, roč. LXIX
ISSN 0018-8069

mikrostaženiny, nečistoty a plyny. Vycezeniny vznikají vyplňováním poruch v pravidelné krystalizační struktuře segregovanou mateční taveninou z meziosových prostorů dendritů v jejich okolí. Vycezeniny se dělí podle tvaru na vycezeniny typu A, nacházející se v mimoosové části, jak je patrné z obr. 4, a vycezeniny typu V, vyskytující se v ose ingotu, jak je vidět na obr. 5.

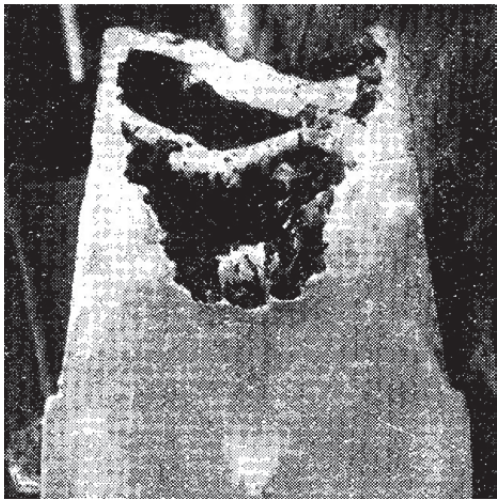


Obr. 4 Stvolové vycezeniny typu A na Baumannově otisku podélného řezu ingotem [3]
Fig. 4 Segregations of the type A on Bauman's printing of longitudinal section of the ingot [3]

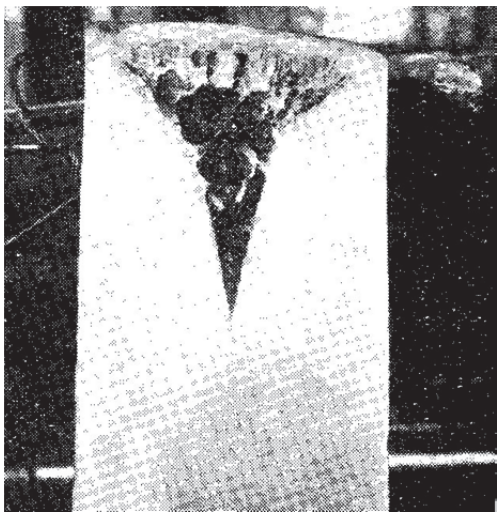
Obr. 5 Mezerové vycezeniny typu V na Baumannově otisku podélného řezu ingotem
Fig. 5 Segregations type V on Bauman's printing of longitudinal section of the ingot

V ingotech uklidněné oceli jsou segregace koncentrovány v horní části pod staženinou a jsou představovány segregací typu V. Vycezeniny typu A se nacházejí v mimoosové části ingotu. V ingotech neuklidněné oceli je segregace výraznější než v ingotech oceli uklidněné. Vysvětlení spočívá v intenzivním vývinu plynů, v jehož důsledku se zrychluje soustředění segregačních prvků ve střední a hlavové části ingotu. Segregace v ingotu se zvyšuje ve směru od povrchu do středu a od paty k hlavové části ingotu. Stupeň segregace neuklidněné oceli roste se zvyšováním hmotnosti ingotu a koncentrace segregujících prvků s růstem teploty odlévání a snižováním rychlosti krystalizace oceli.

V poslední fázi tuhnutí ingotu dochází ke vzniku staženiny, jak je patrné z obr. 6. Souvisí to se zmenšováním objemu oceli již při snižování teploty z licí teploty na teplotu likvidu a dále pak s poklesem teplot mezi likvidem a solidem.



a) ingot s hlavovým nástavcem



b) ingot bez hlavového nástavce

Obr. 6 Ukázka charakteru a velikosti staženin v těle ingotu [3]
Fig. 6 Example of character and size of shrinkage cavities in the body of the ingot [3]

Staženina by měla zaujímat jen část ingotu, a to v jeho hlavové části (hlavovém nástavci). Proto nelze považovat staženinu za vadu. V případě, že staženina zasahuje do těla ingotu, stává se vadou, která se často zjistí až při jeho tváření, kdy v jejím důsledku vznikají na výkovcích nebo vývalcích vady. Kolem staženiny a především v jejím pokračování v ose směrem k patě ingotu při tzv. neovlivněném tuhnutí ingotu vznikají řediny a pórovitost. Uvedené řediny pod staženinou vznikají podobně jako staženina při tuhnutí posledních zbytků oceli, kdy se již nedostává dostatečné množství tekuté oceli k vyplnění vnitřních dutin.

Proto jsou při odlévání oceli prováděna opatření k tomu, aby staženina zaujímala co nejmenší objem. Velikost, tvar a umístění staženiny závisí na celé řadě parametrů a opatření, mezi které patří např. tvar kokily, tvar a povrchová úprava hlavového nástavce, použití izolačních desek v hlavovém nástavci, teplota a rychlost odlévání, způsob odlévání a další faktory.

2. Charakteristika poloprovozního experimentu

Pro experiment, tj. odlití referenčního ingotu (experiment část 1) a následné porovnání s ingotem, u kterého bude ověřována technologie intenzívního chlazení (experiment část 2), byla vybrána značka oceli ČSN 14 209, která byla modifikována molybdenem a v této publikaci je dále tedy označována jako 14209Mo. Požadované chemické složení oceli 14209Mo a chemické složení odlité taveniny z indukční pece (dále jen IP) do licí pánve (dále jen LP) je uvedeno v tab. 2.

Tab. 2 Požadované a cílové chemické složení jakosti oceli 14209Mo
Tab. 2 Required and target chemical composition of the steel grade 14209Mo

Ocel 14209Mo		Chemické složení (hm. %)										T_{lik} (°C)
		C	Si	Mn	Cr	Mo	Cu	Ni	P	S	Al	
Požadavek	min.	0,90	0,35	0,90	1,30	1,20		-	-	-	-	1471
	max.	1,10	0,65	1,20	1,65	1,30	0,250	0,30	0,027	0,030	0,010	1450
Tavenina v LP		1,00	0,44	0,99	1,53	1,24	0,035	0,08	0,018	0,009	0,018	1457

Průběh experimentu probíhal následujícím způsobem. Tavenina byla vyrobena v atmosférické IP. Hmotnost tavby byla 1 750 kg. Po roztavení základní vsázky a legujících přísad byla provedena kontrola chemického složení a úprava obsahu prvků legováním na požadované rozmezí.

Obr. 7 Odlévání taveniny z atmosférické indukční tavící pece do licí pánve
Fig. 7 Melt casting from atmospheric induction melting furnace into the ladle

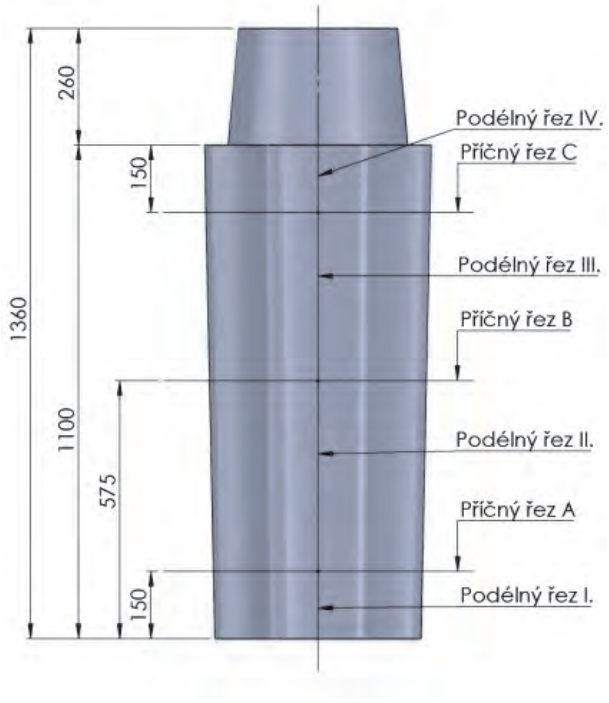
Po ohřevu na licí teplotu 1 598 °C byla tavenina odlita do LP, jak je patrné z obr. 7. Přelitím do LP tavenina zchladla na teplotu 1 551 °C. Poměrně vysoká teplota lití (94 °C nad teplotou likvidu) byla dána dlouhodobými praktickými zkušenostmi při odlévání oceli na pracovišti autorů, kdy tekutá ocel v nízkokapacitní pánvi rychleji chladne. Chemické složení taveniny v licí pánvi je uvedeno v tab. 2. Hladina taveniny v LP byla ihned zakryta krycí struskou. Následně bylo v době do cca 1 min. započato její odlévání do kokilové sestavy, jak je vidět na obr. 8. Tavenina byla odlita pod ochrannou atmosférou argonu spodem do kokilové sestavy typu V2A. Doba odlévání těla trvala 5,5 min. a doba odlévání celého ingotu 7,2 min. Hmotnost odlitého ingotu činila 1 690 kg. Ingot byl po utuhnutí v kokile, po cca 60 min., stripován a vložen do žíhací pece na žíhání na měkko s výdrží 4 hodiny na teplotě 770 °C a pomalým ochlazováním v peci.

Obr. 8 Odlévání taveniny z licí pánve spodem do kokilové sestavy V2A
Fig. 8 Bottom melt casting from the ladle into a ingot assembly V2A

Hutnické listy č. 4/2016, roč. LXIX
ISSN 0018-8069

3. Hodnocení dosažených výsledků

Ingot byl v podélné ose rozřezán na 4 vzorky, které jsou označené jako podélný řez I., II., III. a IV. U těchto vzorků byla vyhodnocena makrostruktura odlitého ingotu. Dále byly odebrány vzorky z příčných řezů označené jako příčný řez A, B a C. U těchto vzorků bylo zjišťováno chemické složení od okraje ingotu k jeho středu a rovněž vyhodnocena makrostruktura. Schéma rozřezání ingotu s místy odběru vzorků a jejich značení je uvedeno na obr. 9.



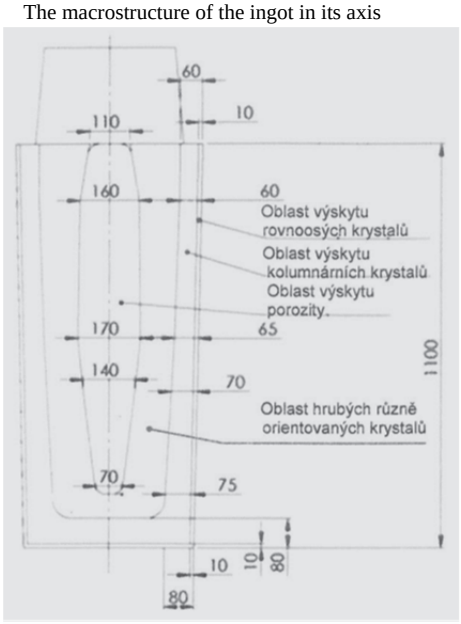
Obr. 9 Odebrání a značení vzorků kovů na hodnocení jak v podélném, tak v příčném směru
Fig. 9 Removing and marking metal samples for evaluation in the longitudinal and transverse direction

3.1 Vyhodnocení makrostruktury

K vyhodnocení makrostruktury byla použita akreditovaná zkouška QI-ISO-LAB4-40-01 „Zkoušení makrostruktury pomocí leptů“. Makrostruktura všech studovaných vzorků byla vyvolána naleptáním v 10% HNO_3.

Makrostrukturní hodnocení bylo provedeno pro každý podélný řez I. až IV. a následně byly tyto makrostrukturní rozbory poskládány zpět do původní podoby ingotu, jak je vidět na obr. 10. V makrostruktuře jednotlivých částí byly změřeny velikosti rovnoosých a kolumnárních krystalů a střední části označované jako zóna „hrubých“ nebo rovnoosých krystalů včetně vyhodnocení oblasti s největší pórovitostí. Zjištěné rozměry jednotlivých zón po výšce ingotu jsou uvedeny na obr. 11.

Obr. 10 Makrostruktura v ose ingotu
Fig. 10 The macrostructure of the ingot in its axis



Obr. 11 Schématická analýza makrostruktury v ose ingotu
Fig. 11 Schematic analysis of macrostructure in the ingot axis

Závěr vyhodnocení makrostruktury:

- zóna rovnoosých krystalů (okraj ingotu) se pohybuje do hloubky od okraje okolo 10 mm,
- zóna kolumnárních krystalů se pohybuje od 80 mm (pata ingotu) do 60 mm (horní část těla ingotu),
- ve středu ingotu se vyskytuje zóna hrubých neboli rovnoosých krystalů s výraznou pórovitostí, která má rozsah 110 mm (horní část ingotu) až po 160 až 170 mm (střední část ingotu).

Rovněž bylo provedeno vyhodnocení makrostruktury v příčných řezech označených jako A, B a C, které odpovídalo zjištěním získaných v podélné ose ingotu.

3.2 Vyhodnocení chemického složení

K vyhodnocení chemického složení byly použity akreditované zkoušky QI-ISO-LAB1-10-09 „Stanovení uhlíku a síry“ pomocí zařízení LECO CS 230 a QI-ISO-LAB1-10-04 „Pracovní postupy RTG spektrometrie“ pomocí zařízení RTG - fluorescenční spektrometr ARL ADVANT'X Intellipower™. Pro vyhodnocení chemické homogenity ingotu se vyhodnocovaly pouze obsahy C, Cr a Mo.

Z příčných řezů A, B a C byly odebrány vzorky kovu od středu ingotu k jeho okraji. V ose byly vzorky označeny 1 a poté byly odebírány rovnoměrně až ke kraji ingotu. Průběh změny obsahu prvků po průřezu a stupně segregace prezentuje tab. 3 a dále tab. 4. Graficky znázorněné obsahy prvků v příčných řezech ingotu jsou uvedeny na obr. 12 pro uhlík, na obr. 13 pro chrom a na obr. 14 pro molybden.

Tab. 3 Chemické složení vzorků odebraných po průřezu ingotu v řezech A, B a C - první měření
Tab. 3 The chemical composition of samples in the cross section of the ingot in sections A, B and C - the first measurement

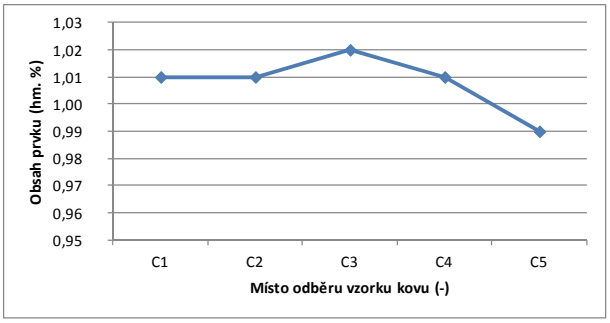
Místo odběru vzorku	Označení	Obsah prvků (hm. %)			Koeficient segregace (1)		
		C (třísky)	Cr	Mo	C/C_0	Cr/Cr_0	Mo/Mo_0
Pata ingotu	A1	0,95	1,52	1,25	0,95	0,99	1,01
	A2	0,98	1,52	1,27	0,98	0,99	1,02
	A3	0,99	1,53	1,28	0,99	1,00	1,03
	A4	1,03	1,54	1,28	1,03	1,01	1,03
	A5	1,03	1,55	1,30	1,03	1,01	1,05
Tělo ingotu	B1	0,97	1,50	1,23	0,97	0,98	0,99
	B2	1,00	1,51	1,24	1,00	0,99	1,00
	B3	1,02	1,54	1,28	1,02	1,01	1,03
	B4	1,03	1,55	1,29	1,03	1,01	1,04
	B5	1,03	1,55	1,29	1,03	1,01	1,04
Pod hlavovým nástavcem ingotu	C1	1,01	1,51	1,22	1,01	0,99	0,98
	C2	1,01	1,52	1,26	1,01	0,99	1,02
	C3	1,02	1,55	1,30	1,02	1,01	1,05
	C4	1,01	1,55	1,28	1,01	1,01	1,03
	C5	0,99	1,55	1,29	0,99	1,01	1,04
Tavenina v LP		1,00	1,53	1,24	-	-	-

Z tab. 3 a obr. 12 – 14 je patrné, že obsahy prvků v osové části ingotu jsou nižší a směrem k okraji ingotu se jejich obsahy zvyšují. Z tabulek a obrázků dále vyplývá, že C a Cr mají v patní části v ose ingotu zápornou segregaci, která se směrem k okraji ingotu mění na kladnou. Podobný trend, i když menší, je pro C a Cr i v těle ingotu. Pod hlavovým nástavcem má Cr v osové části ingotu zápornou segregaci, která se směrem k okraji mění na kladnou. Naopak C má po celém průřezu pod hlavovým nástavcem převážně kladnou segregaci. Mo má v patní části ingotu po celém průřezu kladnou segregaci. Naproti tomu v těle ingotu a pod hlavovým nástavcem má Mo v osové části zápornou segregaci, která se následně mění v kladnou.

Tab. 4 Chemické složení vzorků kovů odebraných po průřezu ingotu v řezu B - druhé měření
Tab. 4 Chemical composition of the samples in the cross section of the ingot in sections B - the second measurement

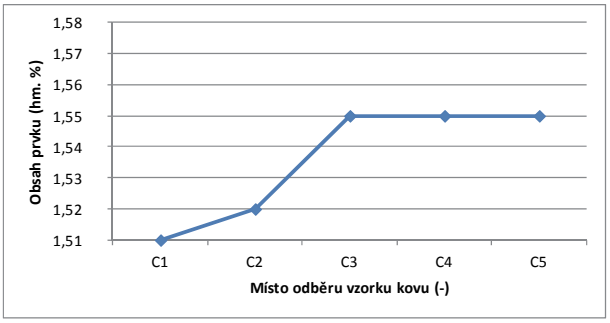
Místo odběru vzorku	Označení	Obsah prvků (hm. %)			Koeficient segregace (1)		
		C (třísky)	Cr	Mo	C/C_0	Cr/Cr_0	Mo/Mo_0
Tělo ingotu	B1	1,00	1,47	1,20	1,00	0,96	0,97
	B2	1,00	1,48	1,20	1,00	0,97	0,97
	B3	1,00	1,50	1,26	1,00	0,98	1,02
	B4	1,03	1,52	1,31	1,03	0,99	1,06
	B5	1,00	1,51	1,27	1,00	0,99	1,02
	B6	1,02	1,51	1,29	1,02	0,99	1,04
	B7	1,00	1,51	1,28	1,00	0,99	1,03
Tavenina v LP		1,00	1,00	1,53	-	-	-

Hutnické listy č. 4/2016, roč. LXIX
ISSN 0018-8069



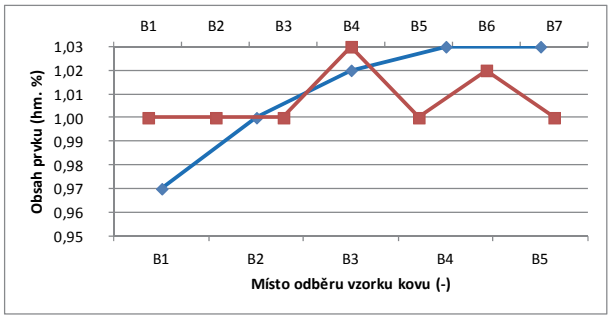
a) řez C – pod hlavou ingotu

a) section C - under the feeder of the ingot



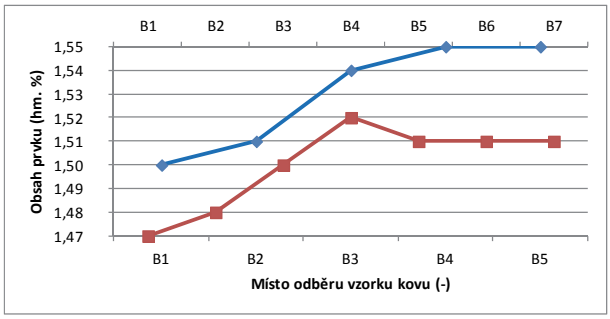
a) řez C – pod hlavou ingotu

a) section C - under the feeder of the ingot



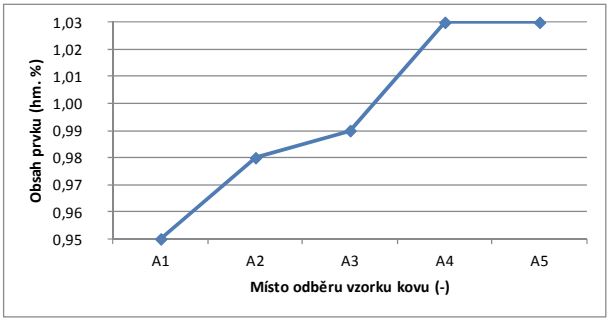
b) řez B – tělo ingotu

b) section B – body of the ingot



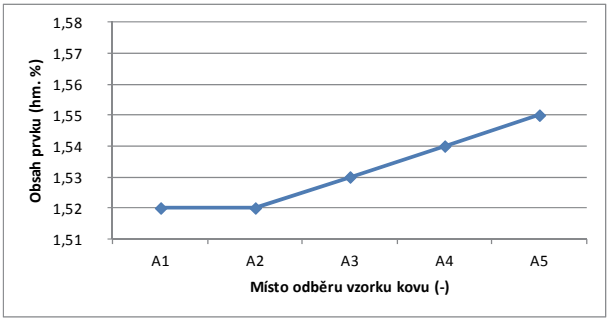
b) řez B – tělo ingotu

b) section B – body of the ingot



c) řez A – pata ingotu

c) section C – bottom part of the ingot



c) řez A – pata ingotu

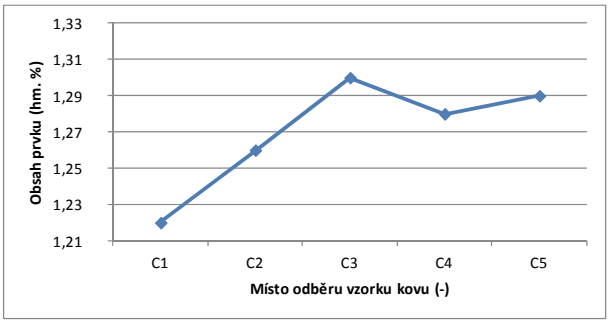
c) section C – bottom part of the ingot

Obr. 12 Průběh obsahu uhlíku v příčných řezech ingotu A-pata, B-tělo a C-pod hlavovým nástavcem

Fig. 12 Evolution of the carbon content in the section A-bottom, B-body, and C-under the feeder

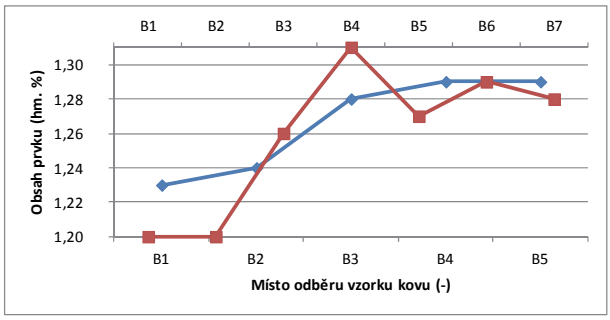
Obr. 13 Průběh obsahu chromu v příčných řezech ingotu A-pata, B-tělo a C-pod hlavovým nástavcem

Fig. 13 Evolution of the chromium content in the section A-bottom, B-body, and C-under the feeder



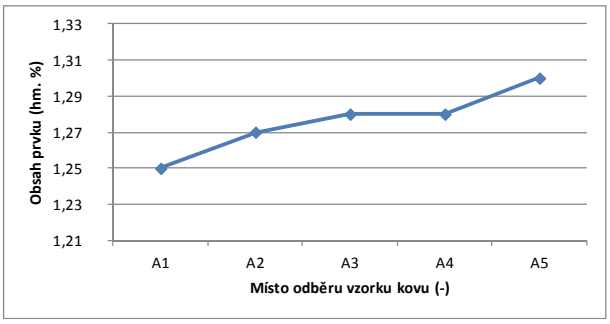
a) řez C – pod hlavou ingotu

a) section C – under the feeder of the ingot



b) řez B – tělo ingotu

b) section B – body of the ingot



c) řez A – pata ingotu

c) section C – bottom part of the ingot

Obr. 14 Průběh obsahu molybdenu v příčných řezech ingotu A-pata, B-tělo a C-pod hlavovým nástavcem
Fig. 14 Evolution of the molybdenum content in the section A-bottom, B-body, and C-under the feeder

Závěr

V rámci provedených prací byla analyzovaná makrostrukturní charakteristika a chemická heterogenita ingotu odlitého do kokilové sestavy V2A oceli 14209Mo.

Zjištěné výsledky hodnocení makrostruktury ingotu v řezech ingotu odpovídají teoretickému předpokladu. Byla provedena analýza chemického složení po průřezu v jednotlivých řezech ingotu a pro potvrzení byla v těle ingotu provedena ještě jednou po celém průřezu.

Prezentované výsledky standardně odlitého ingotu budou sloužit pro porovnání makrostruktury a chemické homogenity s druhým ingotem, který bude během odlévání intenzivně chlazený. Aby bylo dosaženo nejlepších výsledků pro porovnání, bude tento druhý ingot analyzován stejným způsobem.

Poděkování

Práce byla realizována v rámci řešení projektu z programu „Podpora vědy a výzkumu v Moravskoslezském kraji 2015“.

Literatura

[1] Chemické složení dle Stahlschluessel, ČSN 14209, vyjma Mo, který je nad rámec chemie definován nově.

[2] ŠMRHA, L. *Tuhnutí a krystalizace ocelových ingotů*, 1. vyd. Praha: SNTL, 1983, 308 s.

[3] CHVOJKA, J. *Vady ingotů*, 1. vyd. Praha: SNTL, 1968, 256 s.

[4] PARMA, V. *Ocelářství III*, 3. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava, 1991, 192 s.

[5] *Blockfehlerkatalog*, 2, erw. Aufl. Düsseldorf: Stahleisen Communications, 2012, 105 p. ISBN 978-3-514-00791-8.

[6] KUDLIŃSKI, Z. *Technologie odlewania stali*, 1. vyd. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskie, 2006, 305 s. ISBN 83-7335-358-5.

Obchodní portál spojuje mezinárodní ocelářský trh

www.blechnet.com *30.05.2016*

Zajistit si prostřednictvím jen několika kliků informace o aktuálních cenách ocelářských výrobků a srovnávat je – to bylo před pár lety jen těžko představitelné, ale dnes je to i v této tradiční branži možné. Před rokem začal fungovat online portál netzwerk-stahl.de (steel.online) a nabídka je tak dnes mezinárodní. Portál nabízí možnosti, které ve srovnání s dosavadními poptávkami a nabídkami přes mail nebo fax mají spoustu výhod. Od května 2015 se na steel.online zaregistrovalo více jak 810 obchodníků s ocelí a 5 000 spotřebitelů.